

Melhoria da Eficiência Operacional de uma Linha de Envernizamento de Revestimentos com Cortiça

Fernando Jorge Carvalho Costa

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Paulo Luís Cardoso Osswald



Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2015-07-17

a Vocês que jamais esquecerei,

Resumo

A melhoria contínua dos processos produtivos é essencial para as empresas terem objetivos a longo prazo. A evolução da tecnologia e o aumento da competitividade não permitem descuidos. Hoje em dia, as empresas têm que garantir uma filosofia de melhoria universal a todos os seus departamentos, trabalhando como um todo, em prol do aumento da eficiência e da redução de custos.

A indústria dos revestimentos com cortiça aproveita as características únicas desta matéria-prima para conferir aos seus produtos uma vantagem competitiva que os destacam entre as opções do mercado.

A linha de envernizamento alvo do projeto de melhoria aparece na última fase do ciclo produtivo, antes do corte, e é responsável por aumentar a resistência superficial do produto. Nela são produzidos vários tipos de acabamentos superficiais e cada um utiliza diferente quantidade de máquinas.

O valor obtido através da métrica *OEE* para o ano de 2014 foi de 44%. O projeto de melhoria da eficiência operacional teve esse valor como ponto de partida, mas também deu importância à discussão, entre a equipa, das observações anotadas pelo acompanhamento do ciclo produtivo. Desse modo, surgiram oportunidades de melhoria para os três índices do *OEE* (disponibilidade, qualidade e rendimento).

A utilização de metodologias *Lean*, como a metodologia 5S e a metodologia *SMED*, permitiram obter resultados com baixo custo de implementação que se refletirão a médio ou longo prazo no valor do *OEE*. A constante inovação dos processos é feita pelo aproveitamento do potencial dos recursos existentes mas também pelo investimento controlado. Foi analisado o impacto de uma nova tecnologia de abastecimento de verniz a alta temperatura, cuja implementação permite aumentar a produção, pelo aproveitamento da capacidade produtiva da linha de envernizamento.

Ao longo do projeto são demonstrados os benefícios obtidos em cada metodologia *Lean* e evidenciada a importância da inovação, fruto da observação cuidadosa do processo produtivo. Em cada aresta está escondida uma oportunidade que deve ser aproveitada.

Improvement of the Operational Efficiency in a Cork Coatings' Varnishing Line

Abstract

The continuous improvement of processes is essential for companies with long term objectives. Technological evolution and the increase in competitiveness do not allow for neglect. Nowadays, companies must ensure a universal improvement philosophy through all its departments, working as one, in order to improve efficiency and reduce costs.

The cork coating industry uses the unique characteristics of this raw material to give its products a competitive advantage that makes them stand out, when comparing to other options on the market.

The varnishing line, the target of this improvement project, appears in the last phase of the productive cycle, before cutting, and it is responsible for the improvement of the surface resistance of the product. It produces several types of surface finishes, each one using a different amount of machines.

The value obtained through the OEE metrics for the year 2014 was 44%. The operational efficiency improvement project used that value as the starting point, but also discussing the observations made during the analysis of the productive cycle. Thus, improvement opportunities arose for the three OEE indexes (availability, quality and efficiency).

The usage of Lean methodologies, as 5S and SMED, allowed for results with a low implementation cost that will reflect, on the medium/long term, in the OEE value. The continuous innovation of processes is accomplished through the potential of the existing resources, but also through controlled investment. The impact of a new high temperature varnish supply technology was analyzed and its implementation will allow for the increase in production, by the increase in capacity of the varnishing line.

During this project the benefits obtained through each Lean methodology are demonstrated, and the importance of innovation is shown through the careful observation of the productive process. In each corner is hidden an opportunity that must be seized.

Agradecimentos

À Amorim Revestimentos, S.A., pela oportunidade que me deu de entrar neste projeto e de poder crescer com ele. Ao Eng. António Sérgio pela lucidez e disposição com que sempre me transmitiu os seus conhecimentos. Ao Afonso e ao Jorge que me receberam de braços abertos. A todos os outros colaboradores que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste projeto.

À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pelo conhecimento e formação. Ao Prof. Paulo Luís Cardoso Osswald pela disponibilidade que sempre dispôs e pela excecional visão com que me ajudou na elaboração do projeto.

A todos os meus amigos que sempre estiveram presentes.

À minha família que sempre me apoiou e à qual estarei eternamente grato.

À Bia e ao Fi, pelo apoio e carinho que recebi diariamente.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Amorim Revestimentos S.A.	1
1.2	Enquadramento do projeto e motivação	2
1.3	Metodologia seguida no projeto	2
1.4	Estrutura da dissertação	3
2	Revisão de conceitos e Metodologias no âmbito da Melhoria Contínua	4
2.1	8D – Eight Disciplines Problem Solving	4
2.2	TPM - Total Productive Maintenance	5
2.3	OEE - Overall Equipment Effectiveness.....	7
2.4	SMED - Single Minute Exchange of Die.....	8
2.5	5S.....	10
3	O processo de envernizamento de revestimentos com cortiça	12
3.1	Processo produtivo	12
3.2	Gama de produtos	13
3.3	Linha de envernizamento 4	13
3.4	Situação inicial da linha de envernizamento 4	18
4	Apresentação das oportunidades de melhoria	21
4.1	Melhoria da Disponibilidade	22
4.2	Melhoria do Rendimento	28
4.3	Melhoria da Qualidade	35
4.4	Metodologia 5S	37
4.5	Plano de Manutenção Autónoma	44
4.6	Evolução do OEE ao longo de 2015	47
5	Conclusão	49
5.1	Perspetivas de trabalhos futuros.....	50
	Referências	51
	ANEXO A: Organograma Geral da Amorim Revestimentos, S.A.	53
	ANEXO B: Área disponível para implementação da máquina <i>Kleiberit TopMelter</i>	54
	ANEXO C: Implementação de duas máquinas <i>Kleiberit TopMelter</i> sobre a máquina de aplicação de <i>Hot Coating</i>	55
	ANEXO D: Definição de zonas de atuação.....	56
	ANEXO E: Base de dados para codificação dos rolos	57
	ANEXO F: Troca de rolo Burkle com dois operadores	58
	ANEXO G: Troca de rolo com relevo Barberán com dois operadores	59
	ANEXO H: Simulação no <i>Tinkercad</i> da nova localização dos vernizes em função do espaço disponível	60
	ANEXO I: Divisão da linha por zonas	61
	ANEXO J: Organização do tabuleiro de resíduos da máquina de aplicação de <i>Hot Coating</i>	62
	ANEXO L: Organização do <i>stock</i> de verniz do interior da linha	63
	ANEXO M: Exemplos de limpeza do ambiente de trabalho	64
	ANEXO N: Quadro 5S.....	65
	ANEXO O: Exemplo de ponto de verificação da organização.....	66
	ANEXO P: Posição das placas nas paletes	67
	ANEXO Q: Resultado da auditoria 5S	68

Siglas, Acrónimos e Termos técnicos

5S – Metodologia baseada na arrumação, limpeza, organização, normalização e autodisciplina.

8D – Oito disciplinas de resolução de problemas.

AR – Amorim Revestimentos, S.A.

ARL – Amorim Revestimentos Lourosa.

ARO – Amorim Revestimentos Oleiros.

Bottleneck – Estação/Máquina gargalo.

Brainstorming – Técnica usada para debater ideias.

Buffer – Zona de armazenamento do produto em fase de produção.

HDF – *High-density fiberboard*.

HPS – *High Performance Surface*.

Lead time – Intervalo de tempo desde a ocorrência de um pedido até à sua entrega ao cliente.

NPC – *Natural Power Coat*.

OEE – *Overall Equipment Effectiveness* – Métrica usada tendo em consideração os índices disponibilidade, rendimento e qualidade.

PVC – Policloreto de vinil.

Setup – Tempo decorrido na troca de ferramentas de um processo para outro.

SMED – *Single Minute Exchange of Die* – Metodologia usada para redução do tempo de *Setup*.

Standard work – Documentação das melhores práticas.

UV – Ultravioleta.

WIP – *Work in Progress* – Produtos em fase de produção.

WRT – *Wear Resistance Technology*.

Índice de Figuras

Figura 1 - Organograma da Corticeira Amorim, S.G.P.S., S.A	1
Figura 2 - Metodologia seguida no projeto baseada na metodologia 8D	2
Figura 3 - Diagrama de <i>Gantt</i> da planificação geral do projeto	3
Figura 4 - 8 Disciplinas (adaptado de Rambaud 2011)	4
Figura 5 - 8 Pilares para a implementação da <i>TPM</i> (Baseado em JIPM)	6
Figura 6 - Visão temporal na perspetiva da metodologia OEE (baseado em Ahuja e Khamba (2008))	7
Figura 7 - Metodologia <i>SMED</i> (Fonte: Shingo (1985))	9
Figura 8 - Metodologia 5S (Baseado em Osada (1991))	10
Figura 9 - Processo produtivo da Amorim Revestimentos, S.A.....	12
Figura 10 - Constituição do revestimento de chão (Fonte: Catálogo <i>Wicanders</i>).....	13
Figura 11 - Gamas de produtos da <i>Wicanders®</i> (Fonte: Catálogo <i>Wicanders</i>)	13
Figura 12 - <i>Layout</i> e máquinas da linha de envernizamento 4, Amorim Revestimentos, S.A., Oleiros	14
Figura 13 - Exemplo do transporte das placas para a entrada e saída da linha	16
Figura 14 - Visão do tempo de produção em relação às paragens não planeadas	18
Figura 15 - Tipos de acabamentos produzidos por metros quadrados	19
Figura 16 - Rendimento por tipo de acabamento	19
Figura 17 - Índice de Qualidade por tipo de acabamento.....	20
Figura 18 - Índices do <i>OEE</i>	20
Figura 19 – Percursos dos rolos antes e depois, a vermelho e a verde, respetivamente.....	23
Figura 20 - Transporte dos rolos da máquina para a prateleira e vice-versa antes do <i>SMED</i> ..	23
Figura 21 - Caixa encaixada nos patins	23
Figura 22 - Passagem para as caixas dos rolos sob um transportador	23
Figura 23 - Barra adicionada à grua com uma cinta em cada extremidade.....	24
Figura 24 - Armazenamento no interior da linha sob um transportador dos rolos de prensagem com relevo	24
Figura 25 - Sensor de entrada de placas sobrepostas.....	25
Figura 26 - Exemplo do código de um rolo da linha de envernizamento 4.....	25
Figura 27 - Etiqueta de identificação para rolos.....	26
Figura 28 - Transportador com extremidade ajustável (Fonte: Catálogo <i>Barberán</i>)	27
Figura 29 - Paragens por hora por equipamento	28
Figura 30 - Esquematização temporal desde a ocorrência da paragem até à continuação da produção	29
Figura 31 - Diagrama de <i>spaghetti</i> do percurso realizado por um operador para correção da paragem no transferidor nº 2 antes, a vermelho, e depois, a verde	30
Figura 32 - Posição da placa em relação ao tapete	34

Figura 33 - Esquema do mecanismo de limpeza automático para o rolo de relevo	36
Figura 34 - Etiqueta usada para identificar cada objeto	37
Figura 35 - Exemplo de objeto etiquetado	37
Figura 36 - Organização do armário de ferramentas	38
Figura 37 - Comparação da posição da balança antes e depois, a vermelho e verde respetivamente (para ajustar as máquinas para o acabamento <i>WRT</i>)	39
Figura 38 - Rearranjo da posição das secretárias	39
Figura 39 - Alteração da localização e organização do <i>stock</i> de verniz. A vermelho está representada a localização inicial e a verde a final.....	40
Figura 40 - Organização do espaço do <i>stock</i> de verniz	40
Figura 41 - Sequência de ordem de entrada	41
Figura 42 - Organização da prateleira dos rolos.....	41
Figura 43 - Organização da prateleira dos vernizes de ensaios, rolos novos, verniz <i>HPS</i> e Diluyente	42
Figura 44 - Exemplos de organização por marcação e por identificação	43
Figura 45 - Exemplo de cartão principal do plano de Manutenção Autónoma.....	45
Figura 46 - Exemplo de cartão auxiliar do plano de Manutenção Autónoma.....	46
Figura 47 - Quadro do Plano de Manutenção Autónoma da linha de envernizamento 4.....	46
Figura 48 - Evolução do OEE e dos seus índices ao longo de 2015	48

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Vernizes e rolos usados em cada máquina	16
Tabela 2 - Gestão visual das características Utilização e Material.....	26
Tabela 3 - Comparação da capacidade de produção (m^2/h) do acabamento NPC em função do aproveitamento total da capacidade produtiva da linha.....	31

1 Introdução

1.1 Amorim Revestimentos S.A.

Fundada em Janeiro de 1996, a Amorim Revestimentos, S.A. (AR) surgiu da fusão das empresas Ipocork – Indústria de Pavimentos e Decoração, S.A. e da Inacor – Indústria de Aglomerados de Cortiça, S.A.

A Amorim Revestimentos é líder mundial na produção e distribuição de revestimentos com cortiça. Combina métodos tradicionais de produção com métodos modernos e tecnologicamente avançados. Acredita que a cortiça é uma matéria com características únicas, que conferem aos produtos, em que é aplicada, vantagens competitivas significativas. Está presente em mais de 50 países e é internacionalmente reconhecida.

Na Figura 1 é apresentado o organigrama da Corticeira Amorim, S.G.P.S., S.A., com as suas áreas de negócio das quais a AR faz parte.



Figura 1 - Organograma da Corticeira Amorim, S.G.P.S., S.A

A AR tem duas unidades de produção, ambas no concelho de Santa Maria da Feira, distrito de Aveiro, Portugal. Uma delas em S. Paio de Oleiros (ARO), onde foi realizado o presente projeto de dissertação e a outra em Lourosa, (ARL).

Em 2014, as vendas totais da AR cifraram-se em 116,4 milhões de euros. O *EBITDA* foi de 15,52 milhões de euros.

A estrutura organizacional da empresa, detalhada no Anexo A, é composta por sete grandes áreas: Compras, Gestão do Produto, Desenvolvimento e Qualidade, Operações, Logística, *Wood Business*, Marketing e Vendas. São geridas por um Diretor Geral apoiado pela Direção Executiva e conta, também, com os serviços transversais dos Recursos Humanos e Serviços Sociais e do Departamento Financeiro, Sistemas de Informação e Controlo do Negócio.

Apesar do presente projeto nascer no Departamento de Operações, ao longo do trabalho foram envolvidos também os Departamentos de Compras, de Desenvolvimento e Qualidade e da Logística.

1.2 Enquadramento do projeto e motivação

O principal objetivo do projeto, abordado nesta dissertação, é aumentar a eficiência operacional da linha de envernizamento 4 no Departamento de Operações. Esta linha pertence à secção dos acabamentos e qualquer falha tem consequência direta na qualidade do produto final. É de elevada importância que funcione eficientemente, desde que o produto entra nesta linha até ao momento em que passa para a linha seguinte. Os revestimentos com cortiça recebem uma camada protetora, composta por várias camadas de diferentes tipos de verniz, que em conjunto protegem a superfície do material.

As metodologias usadas ao longo de todo o projeto são direcionadas para aumentar a eficiência da linha de modo rápido, com o menor investimento possível e sem comprometer os prazos de entrega, o planeamento de produção da empresa e a qualidade do produto.

A produção funciona em linha e, portanto, para evitar qualquer constrangimento na fluidez da produção, esta tem que acompanhar a cadência do processo, de modo a não comprometer o tempo de ciclo. Todos os ganhos que ocorram têm consequência direta ao nível dos custos de produção, aumento de flexibilidade, redução de *stock* e *WIP*, prazos de entrega inferiores e satisfação dos clientes, bem como dos colaboradores. A variação da procura pelos vários tipos de produtos que passam na linha de envernizamento amplifica a necessidade de aumentar a sua flexibilidade.

1.3 Metodologia seguida no projeto

A metodologia seguida ao longo de todo o projeto tem por base a metodologia *Eight Disciplines of Problem Solving* (8D), criada pela *Ford* para a resolução de problemas. O seu objetivo é identificar, corrigir e eliminar problemas recorrentes, sendo muito útil em melhorias de produtos e processos. Garante uma ação corretiva contínua com grande enfoque na análise estatística do problema, e foca-se na origem do problema depois de determinada a sua causa raiz (Rambaud 2011). Coloca igualmente especial enfoque na equipa e, com isso, não apenas recorre a quem possa conhecer bem o processo, mas aposta também numa integração da experiência e da aprendizagem contínua.

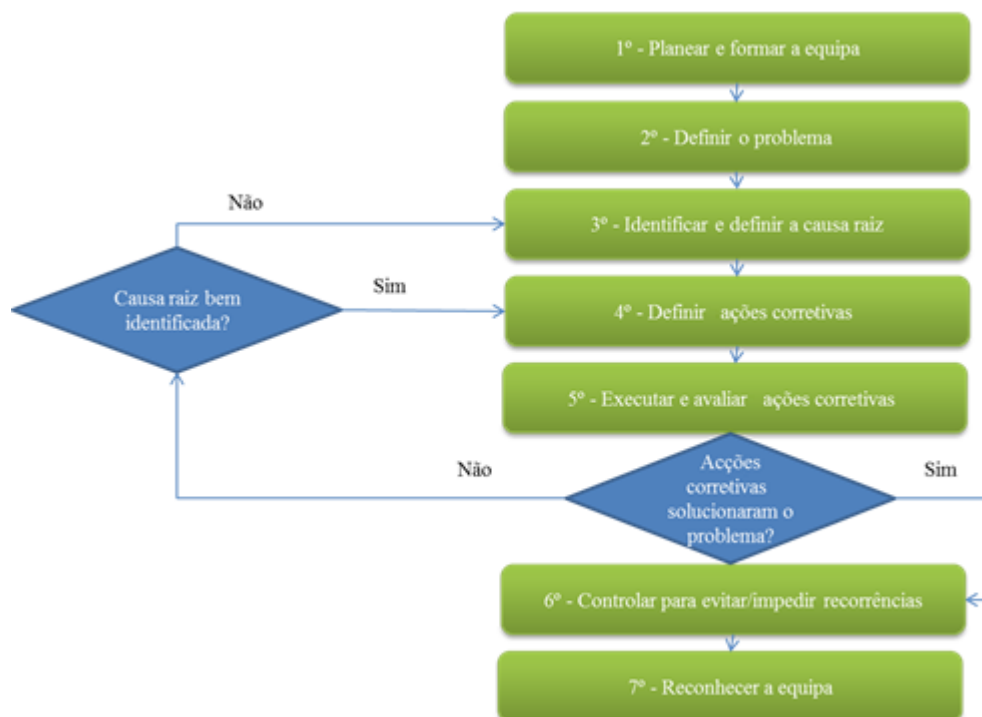


Figura 2 - Metodologia seguida no projeto baseada na metodologia 8D

A metodologia 8D foi aplicada à melhoria da métrica *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, razão pela qual não foi necessário incluir na metodologia de trabalho o passo de contenção do problema previsto na metodologia 8D.

Os objetivos do trabalho foram programados com as seguintes datas:

	Semana de 2015																	
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Planejar e formar a equipa																		
Definir o problema																		
Identificar e definir as causas raiz																		
Definir ações corretivas																		
Executar e avaliar ações corretivas																		
Controlar para evitar/impedir recorrências																		

Figura 3 - Diagrama de *Gantt* da planificação geral do projeto

1.4 Estrutura da dissertação

No capítulo 1 é contextualizado o projeto da presente dissertação. É apresentada a história da Amorim Revestimentos, S.A., os seus valores e missão, a área de negócio que a fez nascer, a posição que ocupa no mercado e a sua organização interna. De seguida, é apresentado o projeto e principais objetivos esperados. Por último, é explicada a metodologia de abordagem do problema bem como a sua planificação ao longo do tempo.

No capítulo 2 é feito o enquadramento teórico através de uma revisão dos conceitos e metodologias mais relevantes no âmbito da melhoria contínua, aplicadas ao projeto.

No capítulo 3 ocorre a apresentação do processo produtivo. É explicada a formação do produto até chegar à linha de envernizamento 4 e do restante ciclo produtivo até o produto final chegar ao ponto de venda. De seguida, é feita uma descrição da linha alvo de melhoria, apresentada a sua constituição e a forma como nela é realizado o processo produtivo. É também analisado o *OEE* inicial, através da análise de cada um dos seus índices (rendimento, qualidade e disponibilidade), para selecionar que aspetos serão alvo de melhoria, tendo em conta o tempo disponível. Além disso, servirá de ponto de comparação com o valor do *OEE* obtido no final do projeto.

No capítulo 4 são apresentadas as propostas de melhoria que afetam diretamente cada um dos índices do *OEE*. Além disso, é feita a implementação de outras metodologias que afetam ambos os índices. Ainda neste capítulo, é feita a comparação do estado inicial e final da linha, pela evolução do valor do *OEE*.

No último capítulo, capítulo 5, são apresentadas as conclusões obtidas e as perspetivas de trabalhos futuros.

Nos anexos são transcritos documentos consultados que serviram de apoio para a realização do projeto e documentos elaborados ao longo do mesmo.

2 Revisão de conceitos e Metodologias no âmbito da Melhoria Contínua

2.1 8D - Eight Disciplines Problem Solving

A metodologia 8D foi criada pela *Ford Motor Company* e inicialmente designada por *Team Oriented Problem Solving (TPOS)*. É utilizada para resolver problemas de produtos ou serviços, envolvendo problemas como a inconstância do processo de fabrico, defeitos, manutenção, reclamações de clientes, devoluções, entre outros (Saidin 2014).

Envolve o trabalho em equipa para resolver os problemas através de uma sequência de 8 passos, que ajudam na focalização nos factos, ao invés de meras opiniões (Sousa 2010).

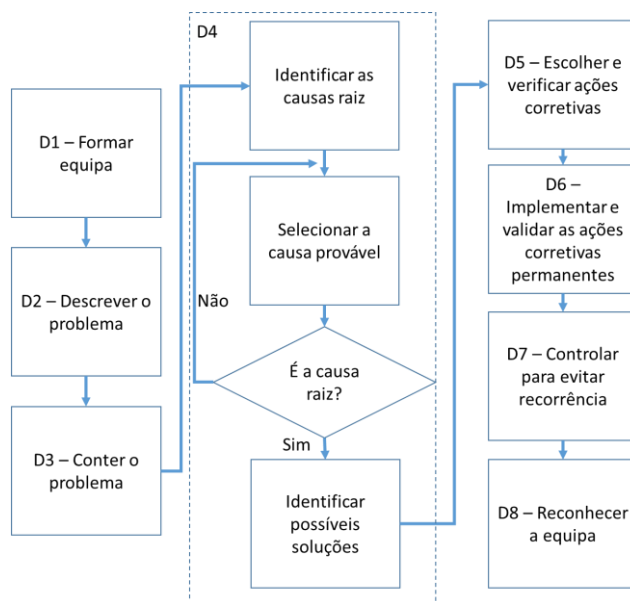


Figura 4 - 8 Disciplinas (adaptado de Rambaud 2011)

Em primeiro lugar, é necessário planear a abordagem para resolver o problema em questão ou efetuar determinada melhoria. É necessário escolher quem vai pertencer à equipa de trabalho tendo como critério a sua versatilidade e abrangência, o tempo disponível e quais os recursos que são necessários. Os elementos devem conhecer bem o processo produtivo e conhecer o produto. Ainda nesta etapa convém garantir que o tamanho da equipa e o apoio necessário estão garantidos (Rambaud 2011).

Depois de concluído o passo anterior, é importante clarificar completamente o problema em questão. Quantificando e medindo em termos mensuráveis, utilizando indicadores e estatísticas que demonstrem o nível atual de qualidade, custo, produtividade ou outros, e assim chega-se à situação inicial. A análise é tanto mais fiável quanto mais fiáveis forem os registos. É importante salientar que os registos são uma peça fundamental para um estudo

deste género, pois são eles que nos conduzem para determinada zona de atuação e qualquer omissão ou erro no seu registo, pode levar a estudos inúteis e inconclusivos (Sousa 2010).

O terceiro passo é desenvolver um plano de contenção provisório, se o problema estiver a ocorrer, de modo a minimizar os seus estragos. O problema não fica resolvido mas sim à espera de uma solução efetiva.

O quarto passo passa por identificar as causas raiz que explicam a ocorrência dos problemas e que são identificadas através de métodos como o diagrama de causa efeito, o acompanhamento da produção, a visualização das ocorrências dos problemas, *brainstorming*, o método da análise e solução de problemas, a técnica iterativa dos 5 porquês, o método 5W2H: O quê? (What), Quando? (When), Quem? (Who), Onde? (Where), Porquê? (Why), Como? (How) e Quanto? (How much), entre outros. As causas raiz quando corrigidas resultarão na concretização do objetivo. Caso se verifique que a causa raiz ainda não foi identificada, volta-se à definição das causas mais prováveis.

Após a definição das causas básicas, são definidas as ações de correção a serem aplicadas nestas causas para que os problemas sejam resolvidos de forma permanente. Baseada na análise dos dados usando técnicas como desenho de experiências ou prova de erros. Quando ocorre através de um *brainstorming* a equipa pode chegar a mais do que uma solução para a causa. Escolhe-se, por isso, a melhor ou prioritária usando o consenso da equipa. A solução escolhida deve ser bem estudada para economizar recursos, ao mesmo tempo que seja exequível e eficaz.

Melhorar, otimizar e padronizar o trabalho para criar um novo estado de processo. Em sexto lugar são executadas as ações corretivas e é feita também a verificação da eficácia das mesmas, aplicadas às causas raiz. Faz-se o controlo das ações de modo a que se assegure a eliminação de cada causa raiz. Se uma ação for corretamente implementada e bem controlada significa que o objetivo foi atingido.

O sétimo passo é o ponto final da resolução do problema. Nesta etapa é necessário ter uma certa segurança quanto à resolução definitiva. É necessário controlar o futuro estado do processo, para se assegurar que quaisquer desvios do objetivo sejam corrigidos antes que se tornem defeitos. As causas raiz são analisadas de maneira a impedir que o problema, ou um similar volte a ocorrer, de modo a que os resultados obtidos sejam mantidos a longo prazo. Implementar sistemas de controlo, como um controlo estatístico do processo ou quadro de produções e continuamente monitorizar os processos (Rambaud 2011).

Por último, na oitava etapa, o problema deve estar resolvido e a não reincidência assegurada. Aqui são feitos os reconhecimentos tanto da equipa, como dos esforços individuais. Por fim, o conhecimento adquirido na resolução do problema deve ser partilhado com toda a organização. O reconhecimento é essencial (Chlpeková, Večeřa, and Šurinová 2014).

2.2 TPM - Total Productive Maintenance

A estratégia de melhoria do desempenho produtivo surgiu para responder às exigências do mercado. A metodologia *TPM (Total Productive Maintenance)* foi concebida no Japão e dá especial relevo à manutenção, resultando na melhoria da eficiência de equipamentos e eliminação de paragens não planeadas. Promove a manutenção autónoma realizada pelos operadores através de atividades diárias, potencializando as suas capacidades e vida útil das máquinas (Bhadury 2000).

Com a implementação da metodologia *TPM*, as empresas transformam o ambiente de trabalho integrando a cultura da empresa, juntamente com os processos e a tecnologia (Moore 1997).

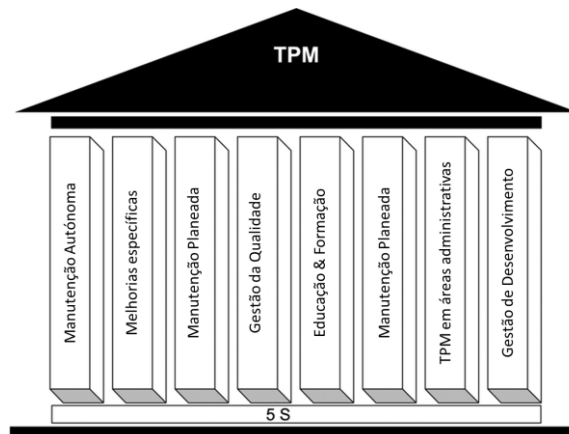


Figura 5 - 8 Pilares para a implementação da *TPM* (Baseado em JIPM)

A *TPM* é uma estratégia de produção composta pelas seguintes características (Nakajima 1989):

- Maximização da eficácia dos equipamentos através da otimização da sua disponibilidade, rendimento, eficiência e qualidade dos produtos;
- Estabelecimento de uma estratégia de manutenção preventiva durante a vida útil de todos os equipamentos;
- Abrangência a todos os departamentos tal como o planeamento, produção e manutenção;
- Envolvência de todos os funcionários da empresa, desde os gestores de topo aos trabalhadores do chão da fábrica;
- Promoção da melhoria da manutenção através de atividades diárias.

Além das perdas relativas a equipamentos, as seguintes perdas impedem um trabalhador de operar eficientemente (Ahuja e Khamba, 2008):

- Distribuição/Logística – Perdas pela ineficiente distribuição dos trabalhadores;
- Organização da linha – Tempos de espera relativos à necessidade de efetuar alguma tarefa dependente de outras linhas;
- Medições e ajustamentos – Perdas pela frequente necessidade de medir e ajustar equipamentos para prevenir a ocorrência de perdas de qualidade;
- Gestão – Perdas devido ao tempo de espera por materiais, ferramentas, instruções, reparações, etc;
- Movimento – Perdas pela ineficiente disposição do *layout* da linha conduzindo a percursos exagerados.

Segundo Ahuja e Khamba (2008) a utilização eficiente dos recursos de produção não é ótima quando ocorrem as seguintes perdas:

- Rendimento – Perdas relativas à prioridade da quantidade de produção contra a sua qualidade;
- Consumíveis – Perdas financeiras que ocorrem com o aumento da necessidade de reparar equipamentos conforme a sua idade e estado de conservação.
- Energia – Perdas relativas à incapacidade de utilizar eficientemente os recursos energéticos no processo produtivo.

A implementação da metodologia *TPM* pode levar à obtenção de benefícios intangíveis na melhoria da imagem da empresa, possibilitando o aumento de encomendas. Com a introdução de atividades de manutenção autónoma, pela promoção do controlo dos operadores para realizar tarefas de limpeza, lubrificação, aperto, ajustes e inspeção, até agirem por si sem se sentirem obrigados. Com o alcance de zero avarias, zero defeitos e zero acidentes, os operadores obtêm confiança nas suas próprias capacidades e as empresas percebem a sua importância na melhoria da eficiência produtiva (Dossenbach 2006).

2.3 OEE - Overall Equipment Effectiveness

Não é possível falar do *OEE* sem uma referência à metodologia *TPM*, pois foi a partir desta que surgiu a construção daquela métrica, para medir o desempenho de determinado processo produtivo relativamente à sua capacidade, tendo em consideração os aspetos da disponibilidade, rendimento e qualidade. Através da variação do seu valor ao longo do tempo conseguem-se identificar as áreas do problema e analisar os aspetos que melhoraram e os que pioraram, o que é bastante útil para saber onde atuar prioritariamente. É, inicialmente, calculado num período de tempo, que serve de ponto de partida, de modo a que o próximo período tenha um ponto de comparação. O que se espera é que seja superior, devido às melhorias que ocorreram (Muchiri and Pintelon 2008).

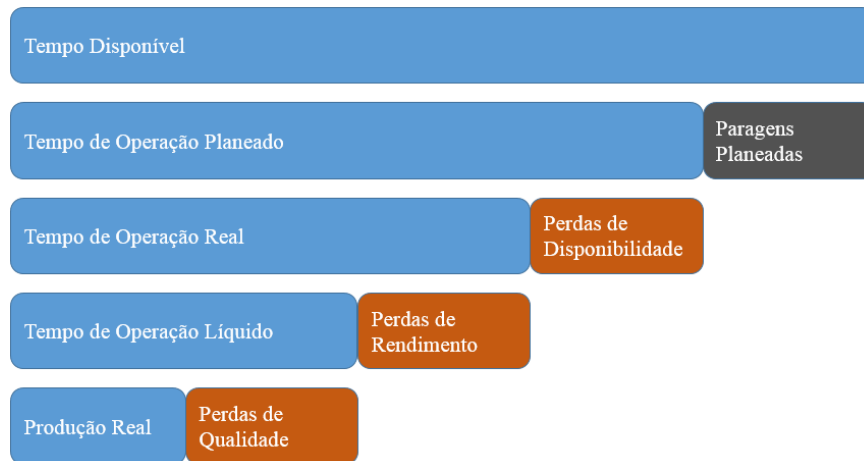


Figura 6 - Visão temporal na perspectiva da metodologia OEE (baseado em Ahuja e Khamba (2008))

Como se pode ver na Figura 6, as paragens planeadas (reuniões, refeições, formação, entre outras), não são consideradas perdas e, portanto, não se incluem no cálculo do *OEE*, em que só é avaliado o desempenho da linha de produção tendo em conta o tempo de operação planeado.

O seu valor é obtido pela multiplicação de três fatores: Disponibilidade, Rendimento e Qualidade:

$$OEE = \text{Índice de Disponibilidade} \times \text{Índice de Rendimento} \times \text{Índice de Qualidade}$$

Ao tempo de operação planeado são retiradas as perdas de disponibilidade e tem-se o tempo de operação real. O Índice de Disponibilidade é obtido através da equação:

$$\text{Índice de Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de Operação Real}}{\text{Tempo de Operação Planeado}} \times 100$$

Relativamente ao tempo de operação líquido, é obtido pelo tempo de operação real menos as perdas de rendimento. O Índice de Rendimento é obtido através da equação:

$$\text{Índice de Rendimento} = \frac{\text{Tempo de ciclo teórico} \times \text{Output atual}}{\text{Tempo de Operação Real}} \times 100$$

Por fim chegamos à produção real em que são retiradas ao anterior as perdas de qualidade. O Índice de Qualidade é obtido através da equação:

$$\text{Índice de Qualidade} = \frac{\text{Peças Produzidas} - \text{Peças Defeituosas}}{\text{Peças Produzidas}} \times 100$$

Para melhorar o *OEE*, é imprescindível saber que tipo de fatores mais contribuem para baixar o seu valor. Segundo Ahuja e Khamba (2008) estas são as perdas que mais penalizam o *OEE*:

- Avarias e falhas – Perdas devido a avarias de equipamentos que originam paragens esporádicas e falhas que provocam um rendimento do mesmo abaixo do normal;
- *Setup* e outros ajustamentos – Perdas de paragem devido a *setup*, pela mudança das condições de operação. Os ajustamentos requerem um período de tempo necessário com a linha parada;
- Velocidade – Perdas devido à velocidade do equipamento ser inferior à estipulada;
- Pequenas paragens – Perdas que ocorrem quando os equipamentos param momentaneamente, devido à ativação de sensores ou encravamentos. É necessário garantir que as máquinas estão desimpedidas para arrancar novamente com a produção;
- Defeito e retrabalho – Perdas devido à necessidade dos produtos repetirem o processo de produção para ficarem em condições ótimas e perdas de produtos defeituosos;
- Arranque – Perdas relativas à preparação da linha e estabilização dos equipamentos;
- Mudança de peças – Perdas relacionadas com a falha de um equipamento, levando à necessidade de troca de peças.

O *TPM* tem um nível standard do índice de disponibilidade de 90%, para o índice de rendimento de 95% e para o índice de qualidade de 99% (Ahuja e Khamba, 2008). Um *OEE* de 85% já é considerado de classe mundial (Blanchard 1997).

Uma empresa típica, onde não tenham sido implementadas melhorias, tem um *OEE* estimado entre 50% e 80%, os outros 20% a 50% representam perdas. Sem qualquer investimento financeiro ou expansão, a maioria das linhas consegue aumentar o *OEE* entre 10 a 25% (Levitt 2004).

2.4 SMED - Single Minute Exchange of Die

A metodologia *SMED* é empregue na indústria para reduzir o tempo do processo de *setup* (preparação de máquinas, equipamentos e linhas de produção), através da otimização do processo de reconfiguração das ferramentas e dispositivos de fixação de materiais (Shingo 1985).

O tempo gasto em *setup* num posto de trabalho não traduz uma tarefa de valor acrescentado para o produto. É considerado como tempo de *setup* o intervalo de tempo desde a saída da última peça da produção anterior, até à saída da primeira peça conforme da produção seguinte.

Produz efeitos imediatos e diretos no aumento do tempo disponível para a produção e na redução do tempo efetivo do ciclo produtivo (McIntosh et al. 2000). Um programa *SMED* bem-sucedido terá os seguintes benefícios:

- Menor custo de amortização (trocas mais rápidas significam menor tempo de equipamento parado);
- Lotes menores (trocas mais rápidas permitem alterações de produto mais frequentes – planeamento mais flexível);
- Melhor capacidade de resposta à procura dos clientes (*lead time* mais curto);
- Menores níveis de *stock* (lotes menores resultam em menores níveis de *stock*).

Todas as empresas que produzem vários produtos, utilizando as mesmas linhas de produção, beneficiam com o *SMED*.

As empresas têm recursos limitados e estes devem ser direcionados para onde geram mais retorno. Só será necessário equipamento adicional quando se otimizar completamente o processo nos atuais (Benjamim et al. 2013).

Uma das melhores formas de analisar uma mudança de produção é filmar todo o procedimento (Shingo 1985) e assim criar uma lista com:

- Descrição (que trabalho é realizado);
- Custo em tempo (quanto tempo é necessário para o concretizar);
- Separação das tarefas realizadas por pessoas de tarefas realizadas por equipamentos (McIntosh et al. 2000).

A Figura 7 esquematiza os estágios identificados por Shingo (1985) da metodologia *SMED*:

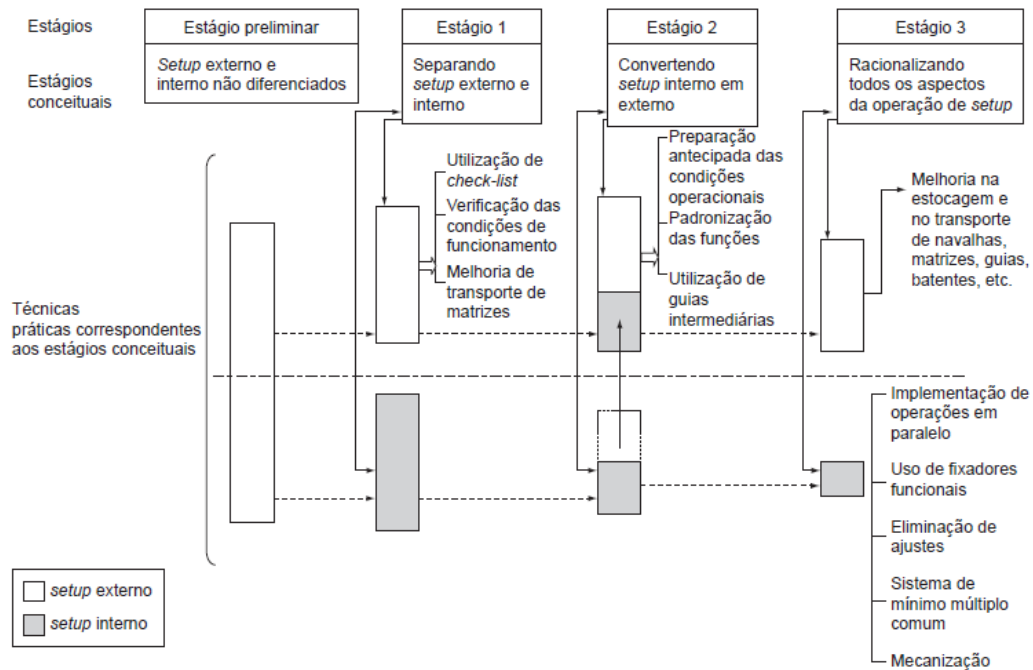


Figura 7 - Metodologia *SMED* (Fonte: Shingo (1985))

O primeiro passo, estágio 1 da Figura 7, é identificar o tipo de cada tarefa, sendo que existem dois tipos de tarefas (Shingo 1985):

- Internas – tarefas que só são possíveis de ser realizadas com a máquina parada;
- Externas – tarefas que podem ser efetuadas com a máquina em funcionamento.

Seguidamente, são identificadas as tarefas que podem ser realizadas com o equipamento em funcionamento e, portanto, passam a ser tarefas externas, estágio 2. Para cada tarefa, deve ser questionado se esta poderá ser realizada com o equipamento em funcionamento, ou apenas com ele parado e se há alguma maneira de tornar a tarefa em externa e como se faria isso. Se for possível, deverá ser executada antes da mudança, caso seja uma tarefa de preparação; ou depois da mudança caso a tarefa possa ser realizada com a linha a produzir (McIntosh et al. 2000). O processo de mudança atual é examinado cuidadosamente, com o objetivo de converter tantas tarefas internas em externas quanto possível. Não é incomum o tempo de mudança ser reduzido para metade apenas neste passo (Shingo 1985).

Exemplos de tarefas candidatas para tal tratamento (Benjamim et al. 2013):

- A recuperação de peças, ferramentas, materiais e/ou instruções;
- Inspeção de peças, ferramentas e/ou materiais;
- Tarefas de limpeza que podem ser executadas enquanto o processo está em execução;
- Preparação das tarefas com antecedência;
- Realizar o alinhamento e outros ajustes antes da mudança;
- Modularizar equipamentos, ou seja, diminuir tarefas de configuração;
- Modificar equipamentos, por exemplo, para ser possível a sua limpeza em funcionamento (pelo menos em parte).

Da lista de tarefas onde conseguiríamos fazer isso deve ser identificado quais as mais promissoras para serem realizadas em primeiro lugar. Fundamentalmente, isso resume-se à realização de uma análise custo/benefício para cada elemento candidato:

- Custo de materiais e mão-de-obra necessária para realizar a mudança;
- Benefício do tempo que será eliminado.

O último passo, estágio 3, é estudar cuidadosamente as tarefas restantes para simplificar o modo como são executadas, de modo a que possam ser concluídas em menos tempo. Verificar a sequência e o potencial de serem executadas em simultâneo. As tarefas realizadas por pessoas são mais fáceis de otimizar. Para cada tarefa, a equipa deve fazer as seguintes perguntas: Como pode esta tarefa ser concluída em menos tempo? Como podemos simplificar esta tarefa? Deve ser dada prioridade às tarefas internas para conseguir o principal objetivo de encurtar o período de mudança. Como na etapa anterior, deve ser feita uma análise de custo/benefício simples para estabelecer prioridades de ação relativamente às tarefas. Exemplos de técnicas que podem ser utilizadas para simplificar tarefas (Shingo 1985):

- Eliminar parafusos (por exemplo, usar mecanismos de libertação rápida ou outros tipos de grampos funcionais);
- Eliminar ajustes (por exemplo, usar as configurações numéricas padronizadas; converter ajustes para várias configurações fixas; usar entrelinhas visíveis; usar calços para padronizar tamanho);
- Eliminar o movimento (por exemplo, reorganizar o espaço de trabalho);
- Eliminar a espera (por exemplo, fazer a primeira tarefa de inspeção de qualidade);
- Padronizar hardware (por exemplo, de modo a serem necessárias menos ferramentas);
- Criar tarefas paralelas (por exemplo, com vários operadores a trabalharem no mesmo equipamento).

Como resultado final da metodologia deve existir um conjunto de instruções de trabalho atualizadas para a mudança (ou seja, a criação de trabalho padronizado) e um tempo de mudança muito mais rápido. Ao implementar *SMED* é útil saber que há duas grandes categorias de melhoria (Vorne):

- Humana (alcançada através de preparação e organização);
- Técnica (obtida por meio de engenharia).

As tarefas humanas são geralmente muito mais rápidas e menos dispendiosas para melhorar do que as tarefas técnicas. Por outras palavras, os ganhos rápidos são normalmente com os elementos humanos. Deve-se evitar a tentação, especialmente com equipas tecnicamente habilitadas, para o excesso de foco em tarefas técnicas. Em vez disso devemos-nos concentrar, em primeiro lugar, sobre as tarefas humanas (Vorne).

2.5 5S

A metodologia 5S teve origem no Japão, mais precisamente na Toyota. O nome 5S é relativo a cinco palavras japonesas, como se pode ver na Figura 8.



Figura 8 - Metodologia 5S (Baseado em Osada (1991))

É a base de qualquer programa de melhoria pois facilita a análise dos processos (Michalska e Szewieczek, 2007).

O primeiro passo é arrumar, onde é feita a triagem e são identificados todos os objetos desnecessários para o trabalho. Para isso, deve-se observar o local de trabalho para descobrir e identificar os objetos que não são necessários para completar o trabalho. Este controlo visual dos objetos não-necessários é muitas vezes chamado de marcação vermelha. Todos os objetos marcados devem ser transferidos para uma zona de espera, onde posteriormente será decidida a sua utilidade (Hirano 1993).

O segundo passo é organizar. Tendo em conta o fluxo de trabalho, decidir criteriosamente onde colocar os objetos necessários à realização do trabalho. Com todos os intervenientes, deve-se decidir onde colocar cada objeto, de modo ao processo funcionar do ponto de vista de operações eficientes. Relativamente aos produtos ou equipamentos utilizados de hora a hora, ou de dia-a-dia, devem ser mantidos dentro do alcance dos braços no ponto de utilização. Os objetos ou equipamentos utilizados uma vez por semana, ou uma vez por mês, devem ser mantidos dentro da área de trabalho. Já os elementos ou equipamentos utilizados com menor frequência devem ser armazenados num local mais distante. Criar controlos visuais para cada objeto para manter o local de trabalho organizado, de modo a saber onde o encontrar e ter também sinalização da sua ausência (Hirano 1993).

O terceiro passo é a limpeza de tudo, mantendo o ambiente limpo. O local de trabalho limpo permite detetar mais facilmente indícios de defeitos. A limpeza ajuda indiretamente a verificar ou inspecionar cada parte e lugar e, portanto, deve-se tornar um hábito. A identificação e marcação de cada item que causa contaminação ajuda a otimizar o processo (Hirano 1993).

No passo normalizar, visualmente os objetos devem estar identificados e o chão marcado com linhas a identificar corredores, estações de trabalho, posições de equipamentos, faixas de operação, entre outros. É mantido um alto padrão de organização. As três primeiras etapas são muitas vezes executadas por ordem e normalizar ajuda a transformá-las num comportamento natural e standardizado. Para isso, os três primeiros passos devem estar implementados adequadamente. A determinação de rotinas e práticas padrão ajuda a regular e sistematizar os três primeiros passos. A criação de um *standard work* para a execução do processo, faz com que todos procedam do mesmo modo para situações similares (Hirano 1993).

Por último, mas não menos importante, a autodisciplina envolve a formação e disciplina para garantir que todos sigam as normas 5S e o *standard work* estabelecido. A criação de procedimentos e formulários são usados regularmente para avaliar o estado de implementação. Esta é uma condição em que todos os membros, desde os operários às chefias, já entendem as vantagens e praticam naturalmente os quatro primeiros passos de boa vontade como um modo de vida e não como um recurso que lhes é imposto. Por conseguinte, torna-se a cultura na organização. Todas as pessoas devem tratar o local de trabalho como se fosse o seu próprio lar (Hirano 1993).

Quando estiver totalmente implementada, a metodologia 5S aumenta a moral, a eficiência e a organização e cria impressões positivas sobre os clientes. Assim, nem só os funcionários se sentem melhor no local onde trabalham, como também o efeito da melhoria contínua pode levar a menos desperdício e melhor qualidade. 5S não é apenas um sistema de serviço de limpeza, é uma abordagem integrada para a melhoria da produtividade e a base da manutenção autónoma. Para obter o maior sucesso, a natureza e as implicações de cada "S" precisam de ser entendidas por cada trabalhador e devem ser praticadas regularmente (Osada 1991).

Existem provas suficientes de que as empresas têm promovido a sua competitividade através da manutenção preventiva total e da metodologia 5S (Nakajima 1989).

3 O processo de envernizamento de revestimentos com cortiça

3.1 Processo produtivo

A cortiça, casca do tronco do sobreiro, é uma matéria-prima renovável notavelmente reconhecida pelas suas propriedades de elasticidade, resistência ao impacto, baixo peso, isolamento térmico e sonoro, impermeabilidade a líquidos e gases, entre outras.

O desenvolvimento da aplicação da cortiça em revestimentos de chão e parede permite conferir algumas das propriedades naturais e exclusivas da cortiça a esses revestimentos e é resultado de avançada tecnologia. O processo produtivo é apresentado na Figura 9.

O processo produtivo da Amorim Revestimentos, S.A. está dividido em três áreas: Componentes Base, Componentes e Acabamentos. É na área dos Componentes Base onde se inicia o processo produtivo com a trituração da cortiça recebida e também com o aproveitamento de desperdícios ocorridos ao longo do processo. Os granulados de cortiça são depois armazenados em silos, de acordo com o seu peso específico. A combinação do granulado com um catalisador e uma resina resulta na formação e consequente aglomeração de placas na ARO, ou de blocos e sucessiva laminagem em placas, na ARL.

A continuação da fase anterior, de formação do produto, é feita na área Componentes, iniciando-se na colagem/prensagem onde a placa de cortiça é colada a um composto de alta densidade (*HDF*) que confere a resistência estrutural ao produto e sobre a qual podem ser acrescentadas folhas decorativas de madeira, vinil ou cortiça, que conferem ao produto as características de aspeto visual. Seguidamente, o produto é lixado de ambos os lados para uniformizar a superfície e segue para a pintura ou colagem de *PVC*. O produto é então envernizado para aumentar a sua resistência ao desgaste na área dos Acabamentos, onde se encontra a linha de envernizamento 4 e, de seguida, cortado e embalado onde termina o processo produtivo.

A constituição do produto final é apresentada de seguida, camada a camada, na Figura 10.

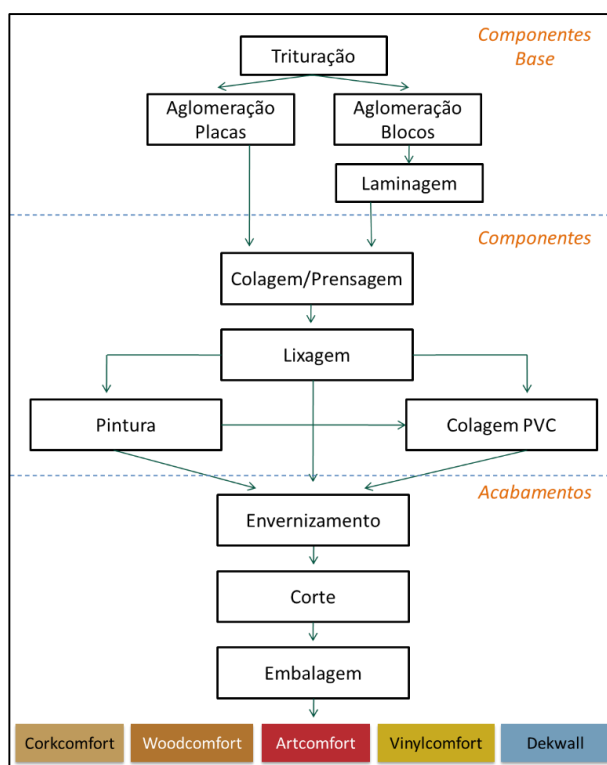


Figura 9 - Processo produtivo da Amorim Revestimentos, S.A.



Figura 10 - Constituição do revestimento de chão (Fonte: Catálogo Wicanders)

Analisando as camadas da Figura 10 de baixo para cima, vê-se que as placas são compostas por um *underlay* de cortiça integrado, responsável pela redução do ruído e reforço térmico, de seguida, por um aglomerado de fibras de alta densidade, depois por um aglomerado de cortiça responsável pela redução do som de passos, retenção de calor e maior conforto e, por fim, um material decorativo e uma camada protetora.

3.2 Gama de produtos

A marca Wicanders® pertence à Amorim Revestimentos, S.A. e é principalmente através dela que as diferentes gamas de produtos chegam ao mercado, Figura 11.



Figura 11 - Gamas de produtos da Wicanders® (Fonte: Catálogo Wicanders)

Cada gama de produtos passa por diferentes processos de produção e nem todas elas passam na linha de envernizamento 4. Apenas as que têm os tipos de acabamentos referidos na secção 3.3.2.

A gama de produtos *Corkcomfort* encontra-se disponível na solução flutuante com o acabamento *WRT*, para áreas residenciais e *HPS*, para áreas comerciais. Por outro lado, na solução colada, dispõe de acabamento *WRT*, para áreas residenciais e *HPS*, para áreas comerciais. A gama de produtos *Artcomfort* encontra-se disponível com os acabamentos *HPS*, *NPC*. A gama *Woodcomfort* apenas tem produtos com acabamento *HPS*. A gama *Vinylcomfort* não é produzida com acabamento de verniz, mas sim com outro tipo de camada de desgaste protetora em *vinyl*. A gama *Parquet* em alguns produtos é constituída pelo acabamento *WRT*. A gama *Dekwall*, ao contrário das outras (revestimentos de pavimentos), é de revestimentos de paredes e não é produzida na ARO, mas sim na ARL.

3.3 Linha de envernizamento 4

A linha de envernizamento 4 é uma linha de acabamento onde é acrescentado ao produto, como o nome indica, a camada do verniz. O produto passa nesta linha em forma de placas de três tamanhos distintos: 925x635, 1240x635 e 1850x635 que ao longo do relatório serão distinguidos por tamanho pequeno, médio e grande, respetivamente. Recebe o produto da linha *digital printing* onde é impresso na placa um visual decorativo, desde pedras a madeiras, se a parte superior da placa for de cortiça e também recebe o produto das linhas colagem 7 e 8, se a parte superior da placa for de madeira. Depois de concluído o processo de

envernizamento, envia-o para a linha Corte Final 5, onde é cortado em duas, três ou quatro partes, conforme o pedido em curso e, de seguida, embalado ficando pronto para expedição.

O principal objetivo da linha de envernizamento é dar ao material uma camada protetora que lhe aumenta o tempo de vida útil.

A linha trabalha 2 turnos por dia, o primeiro das 05:00 às 13:00 e o segundo das 13:00 às 21:00, 5 dias por semana com 2 operários por turno, um deles chefe de equipa. Durante o período em que o presente trabalho foi elaborado, a linha apenas trabalhou durante 1 turno por dia.

3.3.1 Layout

A Figura 12 esquematiza o *layout* da linha de envernizamento. As setas azuis identificam a entrada e a saída da linha.

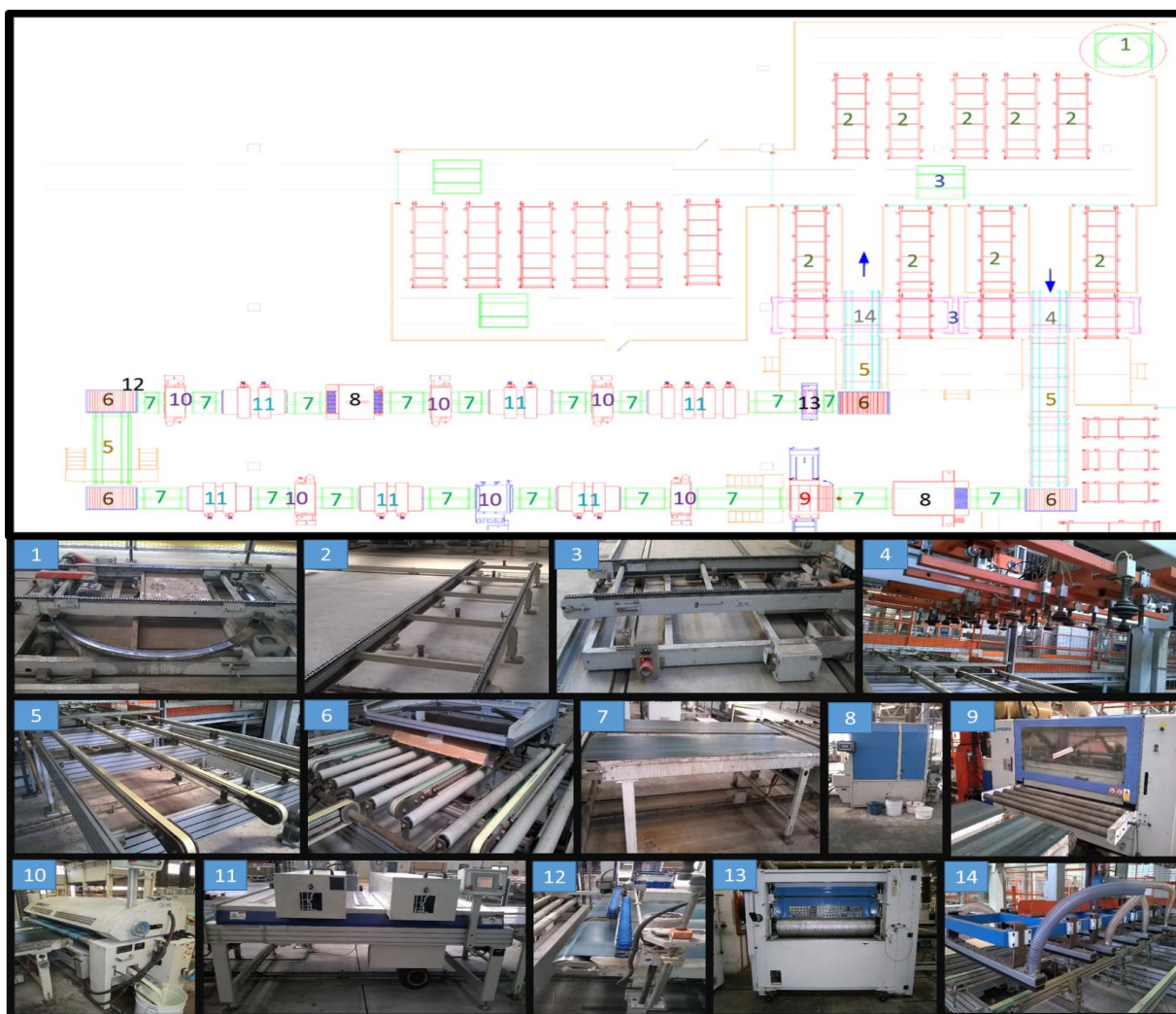


Figura 12 - *Layout* e máquinas da linha de envernizamento 4, Amorim Revestimentos, S.A., Oleiros

Existem vários tipos de máquinas assinaladas na Figura 12:

- 1- Transbordador rotativo – Recebe as paletes de um transbordador e tem capacidade de rodar 90°, colocando-as num transportador;
- 2- Transportador – Recebe as paletes e transporta-as ao longo do seu comprimento. Existem dois na entrada da linha e dois na saída para que o despaletizador e o paletizador, respetivamente, quando acabem de descarregar uma paleta ou quando vão carregar outra paleta, respetivamente, não precisem de esperar que a anterior saia de modo a dar lugar a outra;

- 3- Transbordador – Recebe as paletes de um transportador, movimenta-se lateralmente e envia-as para outro transportador que tenha o mesmo sentido do anterior;
- 4- Despaletizador – Tem como função pegar em quatro placas da paleta e, através de ventosas, colocá-las num transportador de correias;
- 5- Transportador de correias – A sua função é transportar as placas ao longo do seu comprimento através de correias;
- 6- Transportador transferidor de correias e rolos – Como a linha tem ângulos de 90°, esta máquina é responsável por mudar o sentido das placas;
- 7- Transportador de tela dupla – A sua função é transportar as placas lado a lado ao longo do seu comprimento através de duas telas, independentes entre si mas acionadas pelo mesmo motor;
- 8- Lixadeira – Apesar de fazer parte da linha, a função de lixagem está desativada e a máquina assegura apenas o movimento das peças na linha (devido a alterações sofridas na Amorim Revestimentos, S.A., esta linha deixou de fazer acabamentos que necessitem da utilização desta máquina mas ainda não foi retirada da linha);
- 9- Máquina de aplicação de Hot Coating – Foi especialmente concebida para um determinado tipo de verniz (*Kleiberit Hot Coating*) que necessita de ser aquecido e é colocado a alta temperatura na placa. Esta máquina é constituída por uma prensa com um prato aquecido encostado ao verniz que se encontra num bidão de 254 kg (peso bruto). Pela força exercida pela prensa, e com a ajuda da bomba, o verniz passa por mangueiras também aquecidas e finalmente cai entre os rolos aplicador e doseador. Ao contrário das restantes máquinas de verniz, o caudal da máquina de verniz *Hot Coating* é controlado através de um sensor para não transbordar de entre os rolos. Possui ainda outro rolo (reverse) que funciona como um rapador, tirando à placa o excesso de verniz e integrando-o novamente no caudal de alimentação. Tal como nas outras máquinas de aplicação de verniz, possui um ecrã tátil onde são configuradas as velocidades dos rolos;
- 10- Máquina de aplicação de verniz – Esta máquina foi concebida para aplicar verniz nas placas de forma controlada e uniforme. Para colocar uma máquina de verniz a funcionar, é necessário colocar a lata de 20 ou 30 kg com verniz na base da mesma com um tubo inserido que aspira o verniz através de uma bomba que faz parte da máquina. O tubo está ligado a uma mangueira, que passa por uma resistência, utilizada apenas em dias frios para aquecer o verniz, onde finalmente o deposita entre os rolos. O verniz em excesso escorre pela lateral dos rolos e através de calhas flui novamente para dentro da lata. A máquina dispõe de um ecrã tátil onde são dados os comandos, nomeadamente a velocidade a que rodam os rolos, o afastamento e a altura dos mesmos;
- 11- Túnel de secagem ultravioleta – É responsável por secar o verniz através de lâmpadas UV;
- 12- Máquina de limpeza de escovas transversais – Esta máquina é constituída por duas escovas que estão em constante movimento e são responsáveis por retirar da superfície das placas partículas de cortiça ou outro tipo de sujidade que tenha caído nelas;
- 13- Máquina de prensagem com rolo – Através de um rolo de aço com relevo é transferido o negativo do relevo para a superfície de acabamento;
- 14- Paletizador – Apenas quando se encontram quatro placas no transportador de correias da saída, o braço com as ventosas pega nas placas de uma só vez e coloca-as na paleta fazendo quatro montes de placas que seguirão para a linha seguinte.



Figura 13 - Exemplo do transporte das placas para a entrada e saída da linha

As paletes são compostas por quatro lotes de 50 placas cada, Figura 13. Da linha também faz parte uma zona de *Buffer* constituída por 5 transportadores.

3.3.2 Acabamentos

Entenda-se por acabamento, a conjugação de vernizes e respetiva quantidade aplicada na placa que lhe confere determinado brilho e relevo. Existem vários tipos de acabamentos que estão agrupados em três grupos e se diferenciam pela camada protetora superficial dada às placas (Catálogo Wicanders):

- **HPS** (High Performance Surface) – Possui uma superfície extremamente resistente ao desgaste resultado da tecnologia de nano partículas. As minúsculas partículas melhoram as suas propriedades de anti deslizamento, resistência a riscos, desgaste e mancha;
- **NPC** (Natural Power Coat) – Devido à reação química durante o processo de aplicação do verniz a altas temperaturas, este acabamento é altamente resistente e flexível;
- **WRT** (Wear Resistance Technology) – Este verniz amigo do ambiente é criado à base de um composto cerâmico que assegura resistência e longevidade excecionais.

Tabela 1 - Vernizes e rolos usados em cada máquina

Acabamento	Verniz na máquina de verniz							Rolo na máquina	
	A quente	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5	Nº 6	De verniz Nº 6	Prensagem com rolo
HPS sem relevo						09	09	Liso	
WRT sem relevo		65		49	50	51	51	Liso	
WRT com relevo		65		49	50	51	52	Grão, Linear ou Rústico	
WRT mate com relevo		65		49	50	59	60	Linear	
NPC com relevo	57					58	58	Liso	Tipo 1 ou Tipo 2
NPC sem relevo	57					58	58	Liso	
NPC R sem relevo	57				50	58	58	Liso	

As máquinas que são utilizadas e os seus parâmetros, como a quantidade de verniz aplicada na placa, a altura dos rolos e a velocidade dos mesmos são diferentes em cada acabamento.

Na Tabela 1 encontram-se os códigos dos tipos de vernizes e rolos usados para cada tipo de acabamento. Como se pode ver, a máquina de verniz nº 2 não se encontra atualmente a ser usada para aplicar verniz pois está obsoleta, apenas serve de transporte. À exceção da máquina nº 6, onde ocorre troca de rolo em função do acabamento a produzir, todas as outras utilizam apenas rolos lisos. Na máquina de prensagem com rolo, pode haver necessidade de o trocar dependendo do acabamento a iniciar e do rolo que se encontra na máquina.

A diversidade de acabamentos leva à necessidade de realizar *setup* diversas vezes. No ano de 2014 foram realizados 140 *setups*.

3.3.3 Setup

Para começar uma produção no início do turno, a linha é configurada de acordo com o acabamento que será produzido. Cada tipo de acabamento utiliza máquinas e vernizes diferentes e é necessário ter atenção à especificação para saber que máquinas e vernizes utilizar.

Através de tentativas, os operadores configuram as máquinas de aplicação até que apliquem a quantidade especificada nas placas. Controlam a altura e a distância que os rolos distam entre si. Inicialmente colocam uma placa, que servirá de teste, numa balança que assume com a placa o valor 0 kg. De seguida, passam a placa na máquina de verniz e respetivo túnel UV e voltam a colocar a placa na balança onde medem o peso do verniz seco depositado. Este processo é repetido as vezes necessárias até o peso do verniz estar no intervalo especificado. Este processo ocorre tanto para as máquinas de verniz, como para a máquina de verniz *Hot Coating*. Devido à sensibilidade do verniz à temperatura, os parâmetros das máquinas de aplicação de verniz não estão padronizados. A máquina não possui um mecanismo controlador da temperatura. A resistência serve para aquecer o verniz e é configurada de acordo com a temperatura atual, podendo ser ou não ligada. O arrefecimento não é possível. Ao longo do dia a variação da temperatura influencia os parâmetros da máquina e, por isso, de duas em duas horas são controlados e se necessário ajustados.

Quando todas as máquinas estão prontas a receber a produção, é passada uma placa do início ao fim da linha e é retirada para se controlar o brilho em vários pontos da placa, através de um aparelho próprio manuseado manualmente pelos operários. O brilho tem um valor especificado e deve ser controlado. A intensidade das lâmpadas dos túneis UV é responsável pelo brilho que o verniz adquire.

Nesta última placa também é controlada a aderência, através de um ensaio de corte em grade; com um x-ato são feitas incisões em forma de retícula de xadrez e sobre elas é aplicada fita-cola. Se ao retirar a fita-cola o verniz vier agarrado é sinal que o material não está conforme.

É também controlada a cura do verniz, com um utensílio específico para o efeito, traçando na superfície da placa um caminho curvilíneo e verificado se esta ficou riscada ou se está intacta.

Quando todos os ajustes efetuados estiverem terminados, é acionado o comando de permissão de entrada das placas na linha e assim é iniciada a produção.

Na troca de acabamentos, quando o acabamento a iniciar utiliza uma máquina que não estava a ser utilizada no anterior, é iniciado o processo normal de configuração de arranque da máquina, com a colocação do verniz. A regulação dos parâmetros apenas pode ser feita no fim da produção anterior. No caso de a máquina continuar a ser usada, mas com um verniz diferente, é feito o processo de lavagem depois de parar a linha e, de seguida, o de arranque da máquina. Nas máquinas que deixam de ser usadas para aplicar verniz, podem apenas ser

levantados os rolos e, ao mesmo tempo que servem de transporte para as placas (já na próxima produção), é efetuado o processo de lavagem.

Existem quatro tipos de rolos aplicadores para as máquinas de verniz: liso, linear, grão e rústico. A máquina nº 6 utiliza todos os tipos, já as outras máquinas apenas usam o rolo liso. Para efetuar a troca é necessário parar a linha, escorrer o verniz da máquina e lavar o rolo, se o próximo acabamento utilizar o mesmo verniz ou lavar o rolo e a máquina, se o próximo acabamento utilizar um verniz diferente.

A máquina de verniz *Hot Coating* se necessitar de ser utilizada na produção que se vai iniciar e estiver parada na anterior, apenas pode ser configurada com a linha parada. No caso de deixar de ser utilizada, necessita sempre de ser lavada com a linha parada. Tanto no arranque como na paragem implica a paragem da linha.

A outra máquina que pode necessitar de configuração é a máquina de prensagem com rolo, pois existem dois tipos de rolos e pode haver necessidade de os trocar, ou apenas baixar o rolo que se encontra na máquina. Se o acabamento não necessitar desta máquina, apenas é levantado o rolo e a máquina funciona apenas como transporte.

A diversidade de *setups* que são realizados é grande, mas as operações resumem-se a: lavar a máquina de verniz, trocar o rolo da máquina de verniz, colocar o verniz na máquina de verniz, ligar a máquina de *Hot Coating*, lavar a máquina de *Hot Coating*, trocar o rolo de relevo (máquina de prensagem com rolo) e, em todas elas, fazer o acerto dos parâmetros.

3.4 Situação inicial da linha de envernizamento 4

O conhecimento é essencial para a tomada de decisão. É imprescindível saber ao pormenor o funcionamento do processo para, de seguida, o melhorar.

Uma das métricas mais usadas, que foi escolhida para avaliar a situação inicial da linha em questão, é o *OEE*. Os dados usados para o estudo foram obtidos da base de dados da produção do ano de 2014.

Os valores obtidos, tanto em cada um dos parâmetros como no global, guiam-nos para os pontos mais fracos e que necessitam de mais atenção. Através das diversas melhorias realizadas, o valor do *OEE* aumenta até se aproximar da perfeição. Este capítulo é relativo ao passo 2 da metodologia.

3.4.1 Índice de disponibilidade

O resultado obtido para o índice de disponibilidade foi de 80%. De seguida, é feita uma análise pormenorizada, através da Figura 14, a cada parâmetro das paragens não planeadas.

Os *Setups* representam uma das maiores fatias das paragens não planeadas com uma percentagem de 8%. Numa linha com tantos acabamentos não seria de esperar outra coisa. A gestão da produção, mais precisamente o planeador da produção da linha em questão, deve tentar minimizar ao máximo a necessidade de ajustes de produção. Atuar ao nível dos *Setups* através da metodologia *SMED* permitirá reduzir esta percentagem de tempo

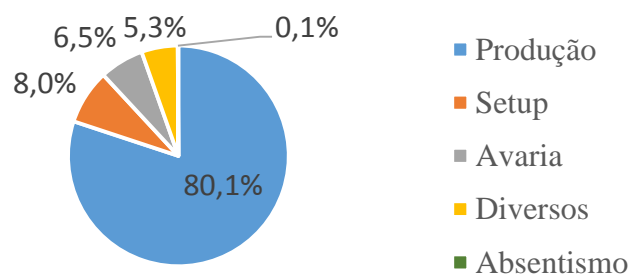


Figura 14 - Visão do tempo de produção em relação às paragens não planeadas

e, conseqüentemente, aumentar o *OEE*. A linha deve ser facilmente adaptável, sempre que seja necessária uma troca de ferramentas.

Ao nível das avarias, não menos preocupante, a percentagem é de 6,4% e seria importante nesta fase saber ao certo que tipo de avarias ocorrem e em que local. Os diversos com uma percentagem de 5,3% representam outras paragens. Apenas é registada uma avaria quando o tempo de paragem da linha é superior a 10 minutos, caso seja inferior é considerada uma micro paragem e é contabilizada no rendimento. É expectável que a percentagem de avarias diminua com a implementação de um plano de manutenção autónoma abordado na secção 4.5.

3.4.2 Índice de rendimento

O parâmetro do *OEE* que apresenta o valor mais baixo e que, por isso mesmo, mais contribui para baixar o seu valor é o rendimento. O valor deste é de apenas 55,5%.

Para calcular este índice, foram consideradas as quantidades em metros quadrados de acabamentos produzidos e multiplicadas pelos respetivos tempos padrão de produção, a dividir pelos tempos reais de produção.

Os tempos padrão de produção estão tabelados e foram obtidos pela empresa através de várias medições dos tempos de produção, sem quaisquer falhas ao longo do ciclo. Os tempos reais de produção foram consultados no registo de produção, feito pelos operadores em cada turno e que se encontra numa base de dados. Os operadores registam na folha de produção a hora do início e do fim de cada produção, ou seja, o tempo real de produção.

Como na linha de envernizamento 4 são produzidos vários tipos de acabamentos, interessa saber se algum em especial está a influenciar o valor ou se têm rendimentos semelhantes. De seguida, é apresentada em proporção a quantidade produzida por tipo de acabamento.

Na Figura 15 podemos ver que o tipo de acabamento mais produzido foi o *NPC* com 46%, de seguida o *WRT* com 34% e, por último, com 20% o *HPS*.

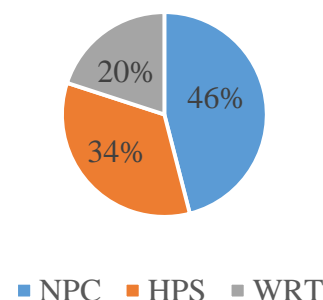


Figura 15 - Tipos de acabamentos produzidos por metros quadrados

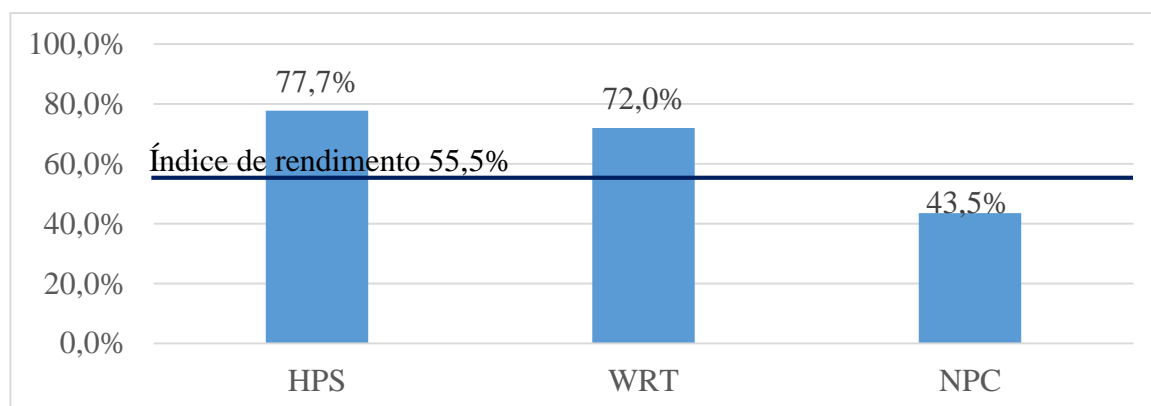


Figura 16 - Rendimento por tipo de acabamento

A Figura 16 evidencia os rendimentos obtidos para cada tipo de acabamento durante o ano de 2014. Com rendimentos não ótimos, mas que se destacam, o rendimento do acabamento *HPS*

e do acabamento *WRT* são consideravelmente superiores aos do *NPC*, o que sugere, desde já, um motivo de estudo adicional.

Como o acabamento *NPC* é o mais produzido e é o que tem o rendimento mais baixo, pode-se afirmar que é o tipo de acabamento que mais contribui para baixar o rendimento e que, por isso, merecerá mais atenção. Como visto na secção 3.3.2, a principal diferença entre o acabamento *NPC* e os restantes, é a utilização da máquina de aplicação de *Hot Coating*.

Como não há dados decidiu-se começar a registar a frequência da ocorrência de micro paragens por máquina, dado que afetam este índice e servirão de base para a seleção de pontos de atuação relativamente à melhoria do rendimento da linha.

3.4.3 Índice de qualidade

O índice de qualidade tem um valor próximo de 100% (99,5%). Como já foi referido, é feito um controlo de qualidade no início de cada produção e de duas em duas horas para garantir que todos os produtos se produzirão em ótimas condições. Contudo, não significa que esse valor represente apenas produtos conformes, pois não é feito um controlo de qualidade peça a peça. Apenas são contabilizados como defeituosos os produtos que, por algum motivo, não podem continuar para a linha seguinte, devido a encravamentos ou paragens abruptas no ciclo produtivo.

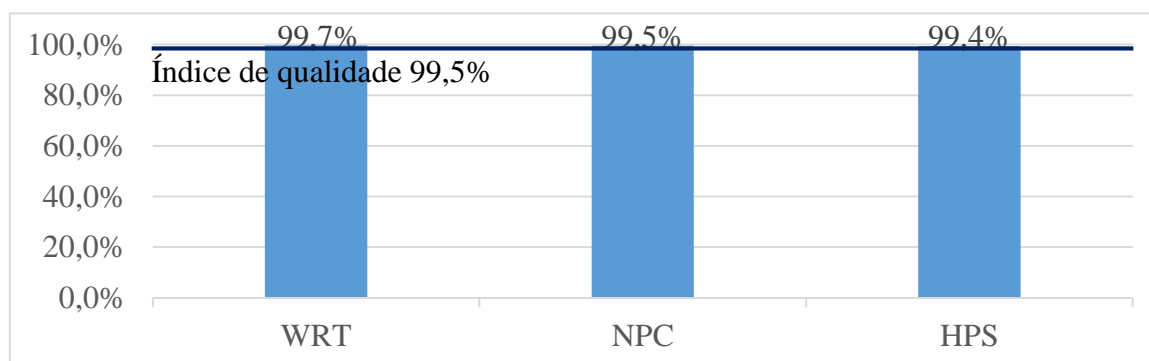


Figura 17 - Índice de Qualidade por tipo de acabamento

3.4.4 Índice global

No ano de 2014 o valor do *OEE* da linha de envernizamento 4 foi de 44,2%. Este valor é muito baixo o que, normalmente, é associado a um processo de eficiência abaixo do normal.

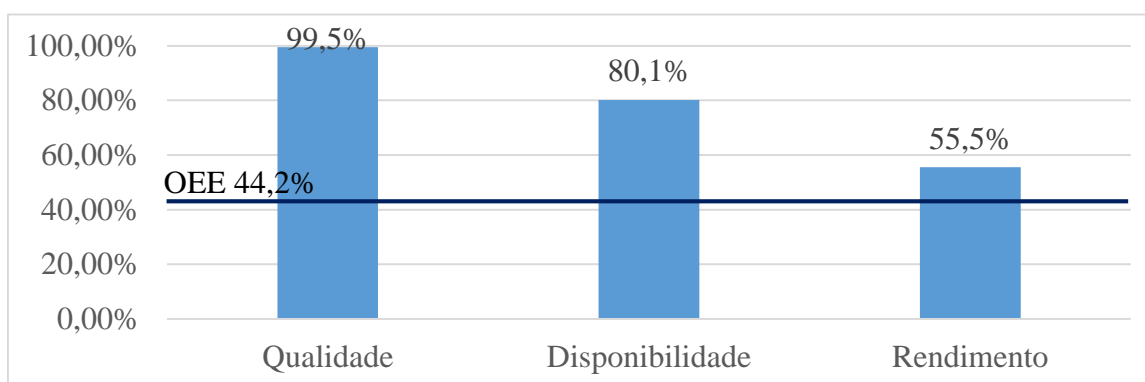


Figura 18 - Índices do OEE

Dos três, o índice do rendimento é o que apresenta um valor mais baixo. O índice da qualidade apresenta um valor ótimo, perto de 100%. Já o índice da disponibilidade tem como principais fatores de perda a elevada necessidade de troca de acabamento e a taxa de avarias.

4 Apresentação das oportunidades de melhoria

Neste capítulo são desenvolvidos os passos 3 a 6 da metodologia.

O processo de recolha de dados foi priorizado para evitar que se façam estudos inconclusivos e distorcidos da realidade. O tempo é precioso e um registo preciso evita desconfiças e reestudo.

O registo de oportunidades de melhoria, acompanhando o ciclo produtivo e estudando as tarefas realizadas pelos operários ao longo do turno, a discussão com várias pessoas conhecedoras do processo produtivo e a análise de cada índice do *OEE* resultou nas seguintes listas de oportunidades de melhoria do *OEE*.

Ao nível da disponibilidade foram identificadas as seguintes oportunidades de melhoria:

- Redução do tempo de troca dos rolos da máquina de verniz e da máquina de prensagem com relevo – Todas as tarefas relacionadas com esta troca eram externas. Com a aplicação da metodologia *SMED* nestes processos é esperado melhorar o índice de disponibilidade pela diminuição da percentagem de tempo relacionada com o *Setup*;
- Identificação dos rolos – Melhoria no processo de seleção;
- Alteração dos transportadores para se tornarem ajustáveis – As tarefas relacionadas com a preparação e lavagem da máquina de aplicação de *Hot Coating* e da troca do rolo da máquina de prensagem podem ser externalizadas, em determinadas situações, pelo assegurar do transporte das placas entre o transportador anterior e posterior a elas;
- Adaptação da linha à alteração de tamanho para o mesmo acabamento – Quando a linha está a produzir um acabamento e a paleta seguinte é do mesmo acabamento mas com diferente tamanho das placas, é necessário esvaziar a linha do acabamento atual para se poder dar entrada do próximo. A adaptação da linha automaticamente à entrada de placas de tamanho diferente eliminará o tempo de esvaziamento e enchimento da linha de envernizamento.

Ao nível do rendimento, foram identificadas as seguintes oportunidades de melhoria:

- Sinalização das avarias e micro paragens – A inclusão de mecanismos de sinalização de avarias e micro paragens otimizará o tempo de reação à ocorrência das mesmas;
- Implementação de botões de *reset* – Embora não seja uma medida corretiva das causas raiz dos problemas, a inclusão de botões *reset* na linha diminuirá o tempo despendido nas micro paragens pela redução de percursos dos operadores. É uma medida com resultados imediatos;
- Aumento da capacidade de alimentação do caudal de *Hot Coating* – A máquina de aplicação de *Hot Coating*, utilizada na produção do acabamento *NPC*, não tem correspondido às necessidades de aplicação do verniz devido ao sistema de abastecimento do caudal, independente da máquina, apresentar enormes ineficiências. Com o aumento da estabilidade de alimentação do caudal, através do estudo e implementação de uma nova tecnologia é esperado que o rendimento do acabamento *NPC* aumente consideravelmente;

- Redução das micro paragens nos transportadores transferidores de correias e rolos – Como veremos mais à frente, são as máquinas mais problemáticas, onde ocorrem imensas micro paragens durante a produção. Com a correção das paragens nestas máquinas é esperado um aumento do índice do rendimento;
- Substituição do tapete no túnel UV nº 6 que se encontra fora das especificações.

Ao nível da qualidade foram identificadas as seguintes oportunidades de melhoria:

- Implementação de sistema de limpeza do rolo com relevo – A máquina de prensagem com relevo não possui nenhum mecanismo de limpeza para o rolo. A qualidade dos produtos é diminuída devido à sujidade acumulada no rolo;
- Redução das peças danificadas após micro paragem – Garantindo que as placas não ficam sob uma máquina aplicadora no momento em que param;
- Aumento da luminosidade da máquina de relevo – Em continuação do primeiro ponto, a colocação de iluminação na máquina de relevo, principalmente para o rolo, melhorará a deteção de sujidade do mesmo.

A metodologia 5S, base do *TPM*, também foi implementada e é transversal a todos os índices.

Na linha de envernizamento apenas é feita manutenção corretiva. Com a implementação do Plano de Manutenção Autónoma, através de manutenção preventiva, espera-se diminuir a percentagem de avarias do índice de disponibilidade e, ao mesmo tempo, as micro paragens que afetam o índice do rendimento.

4.1 Melhoria da Disponibilidade

4.1.1 Metodologia SMED

4.1.1.1 Troca do rolo da máquina de aplicação de verniz Burkle, máquina 10 na Figura 12

A máquina número 6 de aplicação de verniz é a única onde ocorre a troca do rolo de aplicação de verniz devido a um *setup*. Em todas as outras máquinas de verniz, a troca do rolo aplicador apenas é feita quando o mesmo perde o seu poder de aplicar verniz eficientemente. Dependendo do tipo de acabamento que está a acabar de se produzir e do que se iniciará, pode ou não haver necessidade de trocar o rolo aplicador na máquina número 6. Como é um processo que não acrescenta valor, tal como todos os outros que o *setup* engloba, e diminui a disponibilidade da linha para produção, decidiu-se aplicar a metodologia *SMED* neste processo.

O passo inicial foi apresentar à equipa a metodologia *SMED*, para todos estarem informados dos passos que se iriam realizar e para o processo se desenrolar facilmente. De seguida, foi filmado o processo de troca do rolo através de duas câmaras, cada uma acompanhando um operador, já que o processo de troca de rolo é realizado por dois operadores.

Depois de filmado, o processo foi registado através de um formulário onde foram identificadas todas as tarefas realizadas por cada um. Além da descrição das tarefas, foi também anotado o tempo despendido e a distinção de interna ou externa, conforme o passo 1 da metodologia.

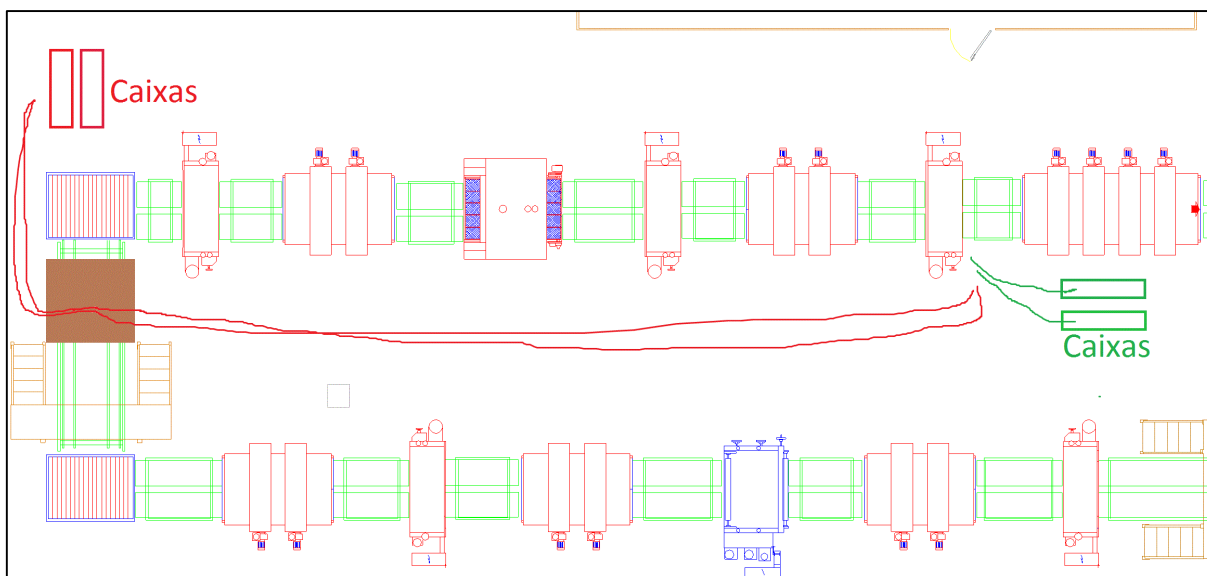


Figura 19 – Percursos dos rolos antes e depois, a vermelho e a verde, respetivamente

As oportunidades de melhoria começam a surgir logo após o início do estágio 2. Todas as tarefas do processo de troca de rolo eram internas e apenas a transformação de uma delas iria originar benefícios.

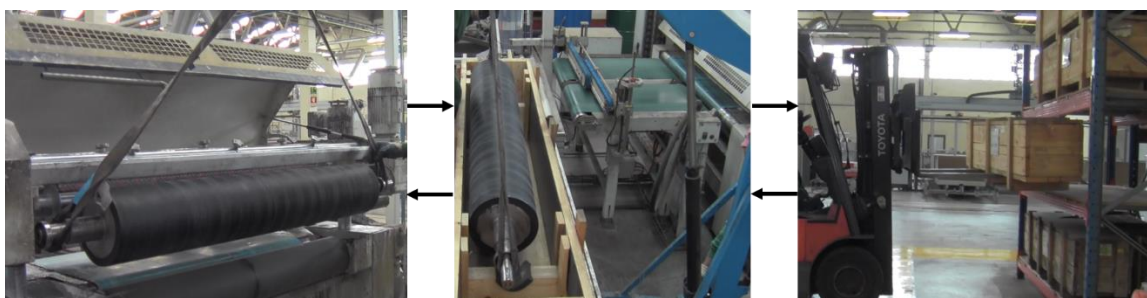


Figura 20 - Transporte dos rolos da máquina para a prateleira e vice-versa antes do *SMED*

Após a retirada do rolo da máquina, era transportado com uma grua e pousado em cima de um transportador, onde já tinha sido colocada a respetiva caixa. A caixa era então colocada na prateleira (fora da linha) e a do rolo seguinte colocada no transportador. O rolo era levado até à máquina seguido da sua fixação. O rolo passou a sair da máquina e ser pousado seguidamente na sua caixa que se encontra próxima da máquina (dentro da linha), ao lado da do próximo rolo. De seguida, é pegado no rolo seguinte e colocado na máquina.



Figura 21 - Caixa encaixada nos patins



Figura 22 - Passagem para as caixas dos rolos sob um transportador

Para isso foram comprados uns patins onde a caixa é apoiada, Figura 21, e criada a passagem da Figura 22 sob um transportador, de modo a ser possível passar para fora da linha as caixas

e estas seguirem para o seu local de armazenamento já com a linha de novo em produção. Todas as tarefas relacionadas com a arrumação das caixas foram externalizadas.

As peças que eram retiradas do rolo que está na máquina para colocar no que vai entrar foram duplicadas e assim eliminadas tarefas relacionadas com a remoção de peças do anterior e inserção das mesmas no seguinte.

As tarefas de desapertar e apertar os rolos na máquina têm necessariamente que ser internas.

No estágio 3, o sistema de pega no rolo com a grua foi otimizado. Apenas era usada uma cinta que segurava o rolo em cada extremidade, passando pelo gancho da grua, como foi visto na Figura 20. Esta configuração impedia a fixação do rolo na máquina apoiado pela cinta, pois não era possível a retirada da mesma após fixação do rolo. Foi então adicionada uma barra ao gancho da grua, como demonstra a Figura 23, e colocada uma cinta mais curta em cada extremidade, permitindo assim que cada cinta abrace o rolo e que apenas sejam retiradas após a fixação do rolo na máquina. A segurança dos operadores foi sempre uma preocupação.



Figura 23 - Barra adicionada à grua com uma cinta em cada extremidade

Os tempos de espera de cada operador, quando o outro estava a utilizar uma ferramenta que iria precisar, foram eliminados pela garantia de ferramentas necessárias para cada operador.

O maior ganho pela aplicação da metodologia *SMED* foi no processo de transporte dos rolos que demorava uma média de 10 minutos e foi reduzido para apenas 1 minuto. No total a redução do tempo foi de 61%.

No Anexo F pode-se consultar o procedimento final de troca do rolo com dois operadores.

4.1.1.2 Troca de rolo da máquina de relevo Barberan, máquina 13 na Figura 12

O acabamento *NPC* pode ser produzido com ou sem relevo. Quando é com relevo, pode ser necessário efetuar a troca do rolo, pois existem dois tipos de relevos. Esta troca de rolos também foi alvo da metodologia *SMED*. Os operários já estavam familiarizados com a metodologia pela experiência anterior. Foi feita a filmagem do *setup* e de seguida o registo das tarefas, de acordo com o passo 1 do método.

O transporte destes rolos era idêntico ao dos rolos de aplicação de verniz. Tal como no caso anterior, os rolos passaram a sair da máquina e entrar diretamente na caixa e vice-versa obtendo-se um ganho de 9 minutos no estágio 2. Como apenas existem dois tipos de rolos otimizou-se ainda mais o processo de transporte (tarefa externa). Na Figura 24 é apresentada a colocação de patins nas caixas e armazenamento das mesmas no interior da linha, eliminando um percurso tão grande até ao seu local de armazenamento antigo (prateleira), libertando tempo aos operadores.



Figura 24 - Armazenamento no interior da linha sob um transportador dos rolos de prensagem com relevo

Relativamente ao processo de retirada do rolo da máquina, verificou-se que o rolo era retirado da máquina pelo lado de entrada das placas, onde existe um sensor para detetar a entrada na máquina de placas sobrepostas exibido na Figura 25.

Depois de analisado o processo de retirada do sensor, levantou-se a questão de o rolo poder ser retirado pelo lado oposto da máquina, eliminando a tarefa de retirar o sensor.

Após o teste, confirmou-se a possibilidade de alterar o lado pelo qual é retirado o rolo, e assim as tarefas de retirar e colocar o sensor, foram eliminadas no estágio 3.

Os tempos perdidos à espera de ferramentas foram eliminados pela garantia de ferramentas necessárias para cada operador.

Além dos ganhos obtidos no transporte dos rolos, que já foi apresentado na secção anterior, apenas com a mudança do lado de retirada do rolo foram eliminados 6 minutos ao tempo total de troca. No total a redução do tempo foi de 48%.

No Anexo G pode ser consultado o procedimento final da troca dos rolos com relevo com dois operadores.



Figura 25 - Sensor de entrada de placas sobrepostas

4.1.2 Identificação dos rolos

A necessidade de trocar de rolos levou à observação de que se perdia tempo na identificação dos rolos e, como solução para reduzir esse tempo, à criação de uma etiqueta identificativa para colocar em cada caixa de rolos, de modo a não haver enganos no processo de busca e escolha dos mesmos. Esta oportunidade de melhoria afeta diretamente a linha de envernizamento 4 mas não quisemos ficar por aí e desenvolvemos uma etiqueta para poder ser utilizada por toda a empresa. Além da etiqueta foi também criado um código identificativo de cada rolo. O processo de gestão dos rolos, desde a compra à otimização do *stock* existente, também sai beneficiado.

Foram debatidas as características que identificam cada rolo com os responsáveis de cada área produtiva e feito o levantamento dos existentes em toda a empresa. As características selecionadas foram: Utilização, Tipo, Material, Acabamento, Dimensão, Polia, Dureza, Máquina e Número.

4.1.2.1 Código

Depois de analisado o inventário dos rolos, foram estudadas individualmente, característica a característica, de modo a criar um código. As características Utilização, Tipo, Material e Acabamento foram consideradas as mais importantes. Para que qualquer pessoa seja capaz de, com alguma prática, identificar o rolo pelo código em questão, as características mais importantes foram dispostas do lado esquerdo, onde começa a leitura, e sempre que possível com a inicial de cada parâmetro. As características Dimensão, Polia e Dureza foram agrupadas e atribuído um número sequencial a cada grupo começando em 1. À característica Máquina foi atribuída uma letra sequencial começando em A. A característica Número é sequencial começando em 1, que distingue dois rolos iguais. No Anexo E pode ser consultada a atribuição do código individual a cada parâmetro de cada característica.

V A A CR 23 A 01

Figura 26 - Exemplo do código de um rolo da linha de envernizamento 4

Onde:

V representa a utilização Linha de Envernizamento
 A representa o tipo Aplicador
 A representa o material Aço
 CR representa o acabamento Cromado
 23 representa sem Polia, Dureza não atribuída e Dimensão 1410x240
 A representa a Máquina Burkle SLC1300 e
 01 representa o Número

4.1.2.2 Etiqueta

A etiqueta foi desenvolvida com a preocupação de ser facilmente compreendida. Para isso foi definido o tamanho A4. A longa distância temos alguma dificuldade ou até mesmo incapacidade de perceber o que está escrito e portanto foram atribuídas cores aos parâmetros das características Utilização e Material, canto superior esquerdo e canto superior direito, respetivamente. Dentro do espaço dessas características, é adicionada a letra inicial de cada parâmetro do Tipo e Acabamento, respetivamente.

Tabela 2 - Gestão visual das características Utilização e Material

Pintura	Envernizamento	Colagem	Prensagem	Aço	Borracha	Silicone	Ebonite

Com esta organização, qualquer pessoa é capaz de filtrar facilmente, por estas características, o rolo que anda à procura.

(código do Tipo)				(código do Acabamento)						
Utilização:				Tipo:		Material:				
Dimensão:				Dureza:						
Código:										
Retificação	Diâmetro	X a Y			Y a Z			Z a W		
	Dureza									
	Data									

Figura 27 - Etiqueta de identificação para rolos

Foram incluídas em ponto menor todas as características identificativas do rolo bem como o respetivo código. No campo do Material é também discriminado o Acabamento e no campo da Dimensão a Polia. Como se pode ver na Figura 27, a etiqueta é ainda composta por uma parte destinada às retificações de que os rolos são alvo. Esta última parte apenas se destina aos rolos que podem ser retificados. É composta por três campos que são preenchidos sempre que ocorre uma retificação, o Diâmetro, a Dureza e a Data. Estão dispostos por três níveis, a verde quando se encontra dentro dos parâmetros ótimos, a amarelo quando começa a ficar menos eficaz na sua função e a vermelho quando há risco de acontecer um problema devido à sua utilização.

A etiqueta depois de protegida com PVC é fixada à caixa do rolo. A zona dedicada à retificação é preenchida através de um marcador cuja tinta pode ser apagada, não sendo absorvida pela superfície, e ser corrigida sempre que necessário.

É considerada retificação, a ação de reparação do rolo por desgaste do material até o acabamento superficial ficar como o original, apesar do diâmetro e dureza serem diferentes.

Quando um rolo deixa de poder ser retificado, procede-se à retoma das características originais, isto é, o rolo é enchido e o seu diâmetro e dureza voltam ao estado inicial.

Sempre que o rolo é retificado ou enchido, a etiqueta é limpa na zona destinada à retificação e os parâmetros das máquinas necessitam de ser ajustados de modo a aplicar a quantidade de verniz especificada.

4.1.3 Transportador com extremidade ajustável

A máquina de aplicação de *Hot Coating* movimenta-se lateralmente para o interior da linha sempre que necessita de ser preparada para aplicar verniz ou lavada no fim de uma produção. As tarefas de preparação e lavagem da máquina são totalmente internas. Apenas o acabamento *NPC* utiliza esta máquina, ou seja, apenas no fim do acabamento anterior (*HPS* ou *WRT*) se pode retirar a máquina para o interior da linha para ser preparada. O mesmo acontece no fim da produção pois necessita de ser lavada no interior da linha.

O tempo consumido na limpeza e preparação da máquina de aplicação de *Hot Coating*, pode ser reduzido com a adaptação do tapete transportador anterior e posterior pela inclusão de uma extremidade ajustável, de forma a fazerem diretamente a transferência das placas entre si sem a necessidade do transportador da máquina de aplicação de *Hot Coating*. Com esta solução a máquina pode ser preparada no interior da linha ao mesmo tempo que a linha se encontra a produzir. Quando a máquina de aplicação de *Hot Coating* se encontra a ser utilizada, a extremidade do transportador é descida como se pode ver na Figura 28, quando se encontra a ser preparada é subida.



Figura 28 - Transportador com extremidade ajustável (Fonte: Catálogo Barberán)

Este sistema de transferência direta de placas, sem utilizar o tapete das máquinas que não estão a ser utilizadas, também traz grandes benefícios noutras situações como na máquina dos rolos de prensagem. Permite a troca dos rolos ao mesmo tempo que a linha está a produzir, no caso de não estar a ser necessária a utilização da máquina. Apenas seria gasto tempo em troca de rolos, quando o acabamento seguinte fosse o mesmo (*NPC*) com rolo diferente, caso contrário, o rolo da máquina de relevo poderia ser trocado sempre sem a necessidade de parar a produção.

4.1.4 Produção do mesmo acabamento com diferente tamanho

Atualmente, quando se encontra em produção um acabamento que é igual ao acabamento seguinte somente com diferença do tamanho das placas, apenas é possível dar ordem de entrada das placas seguintes na linha quando a última placa da produção anterior saiu para a paleta. Isto acontece, porque os transferidores adaptam-se aos três tamanhos de placas e apenas o fazem nesse momento. A modificação da programação de forma a ser possível dar ordem de entrada das placas enquanto as outras se encontram na linha, reduzirá abruptamente o tempo despendido à espera do esvaziamento e sucessivo enchimento da linha que é de aproximadamente 5 minutos cada. Deve ser dado um intervalo de segurança, que poderá ser otimizado depois da solução ser implementada, de forma aos transferidores se adaptarem ao tamanho da produção seguinte com o mesmo acabamento.

4.2 Melhoria do Rendimento

O acompanhamento do processo de produção é essencial para se detetarem os problemas que afetam o rendimento. Para isso, foi registado o nível de ocorrência das micro paragens por máquina, para se perceber quais estão a contribuir mais para baixar o rendimento. A análise das micro paragens de cada máquina foi discutida, com saudável troca de ideias, e levou à obtenção de resultados significativos.

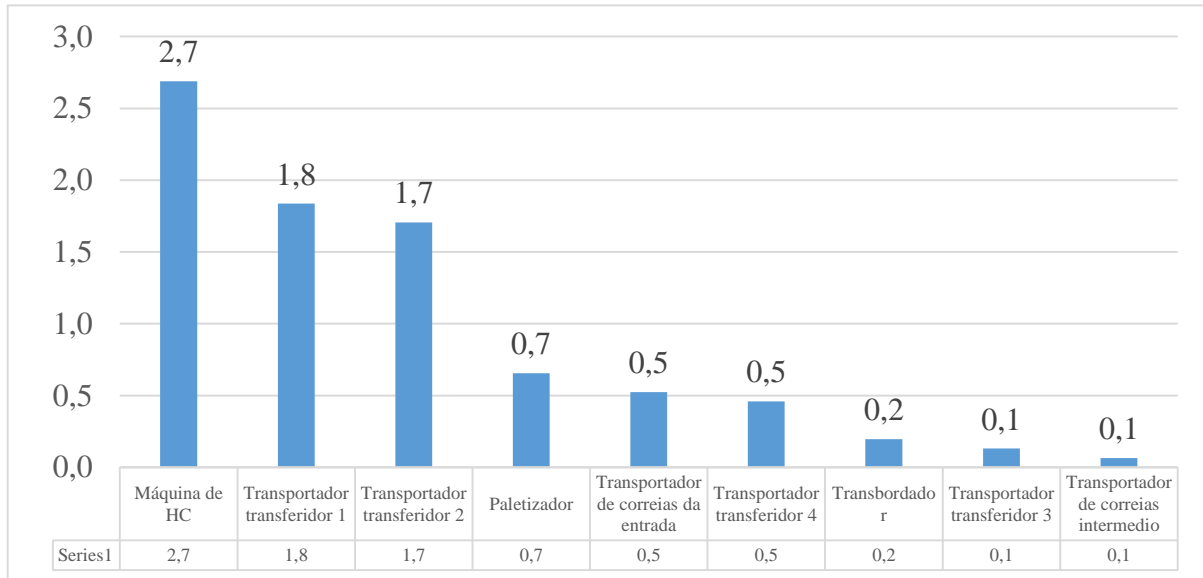


Figura 29 - Paragens por hora por equipamento

Analisando a Figura 29, claramente o local mais problemático é a máquina de aplicação de *Hot Coating* seguida dos transportadores transferidores 1 e 2. Apesar de nas restantes máquinas a ocorrência de paragens ser menor, não deixa de ser problemática. Só foram consideradas as ocorrências das paragens por ser mais exequível que medir tempos.

A inexistência de dados relativos às micro paragens pode ser corrigida pela criação de uma base de dados, aproveitando o sistema atualmente existente de controlo da linha. No sistema, controlado pela consola, é identificada a máquina onde ocorreu a paragem e informado o motivo. Os operadores deslocam-se à consola para fazer o *reset* da máquina em questão depois de corrigido o problema. A criação de uma base de dados que registe a frequência da paragem de cada máquina, especificando o motivo e o tempo decorrido, desde a paragem até à sua correção de forma automática, é altamente benéfica na análise e combate à taxa de micro paragens e monitorização das melhorias efetuadas.

4.2.1 Sinalização de avaria

A correção das micro paragens, devido a encravamentos ocorridos ao longo da linha, é feita manualmente pelos operários, desobstruindo e garantindo as posições corretas de todos os elementos necessários para a produção continuar. Depois de corrigido o problema, têm que se deslocar à consola de controlo geral, situada numa extremidade da linha, e fazer o *reset* na máquina em questão, informando assim que as condições necessárias foram garantidas para que a produção continue. Este processo é feito sempre que ocorre uma micro paragem (com exceção da relativa à máquina de *Hot Coating* abordada em 4.2.3).

O tempo necessário para corrigir as avarias é considerado uma perda de rendimento, quando inferior a 10 minutos.



Figura 30 - Esquematização temporal desde a ocorrência da paragem até à continuação da produção

Qualquer micro paragem é composta por um tempo de deteção, um tempo de percurso, um tempo de correção e, novamente, um tempo de percurso até ao local onde é dada a ordem de continuação da produção.

O tempo, desde a ocorrência até à deteção do problema, é muito variável pois a sinalização de avaria atualmente não é feita. Esse tempo depende sempre dos seguintes fatores:

- Localização dos operadores;
- Local de ocorrência;
- Ocupação de momento dos operadores.

O ruído existente na linha, devido principalmente à máquina de corte da linha seguinte que se encontra relativamente próxima, impede que os dois operários comuniquem verbalmente entre si a mais de 5 metros. O ruído sentido na linha é enorme. Qualquer pessoa que se encontre lá, deve usar tampões auriculares isolantes para prevenir danos físicos irreversíveis. A sinalização sonora da ocorrência de uma paragem é uma solução eficaz e de fácil implementação, mas contribuirá para o aumento da poluição sonora devido à necessidade de se sobrepor ao restante ruído. A sinalização visual, através da implementação de luzes *andon* (sistema de luzes que informa o estado atual da máquina), nas máquinas mais problemáticas, permite que os operários detetem rapidamente a ocorrência da paragem.

O tempo de percurso, desde a deteção até à chegada à máquina em questão, depende da localização momentânea do operador. Para minimizar este percurso a atribuição de zonas de atuação, para o período em que não se encontram a realizar qualquer tarefa em conjunto, é eficaz e contribui também para a melhoria do tempo de deteção. Quanto maior for a distribuição do total de operadores pela linha, melhor é a sua eficiência. Foram definidas zonas de atuação para os dois operadores da linha de envernizamento 4. A sua especificação pode ser consultada no Anexo D.

O tempo de percurso, após a correção do problema, será analisado na secção 4.2.2.

4.2.2 Botões de Reset

A taxa de micro paragens por hora é elevada e os percursos realizados pelos operários ainda maiores. A implementação de botões para o *reset* das máquinas em locais estratégicos, distribuídos ao longo da linha, além do baixo custo, permite reduzir drasticamente os percursos realizados e o tempo de paragem.

Nas paragens que necessitam apenas de um operário para as resolver, se um operário for resolver o problema e o outro prontamente se deslocar para próximo da consola, e esperar por um sinal gestual informando que pode dar continuidade à produção, conseguem em conjunto reduzir o tempo de paragem. Como normalmente não é isso que acontece, ou seja, como o operário que corrige o problema é o mesmo que depois se desloca à consola para fazer o *reset*, a implementação de botões de *reset* torna-se bastante eficaz no combate ao tempo de paragem.

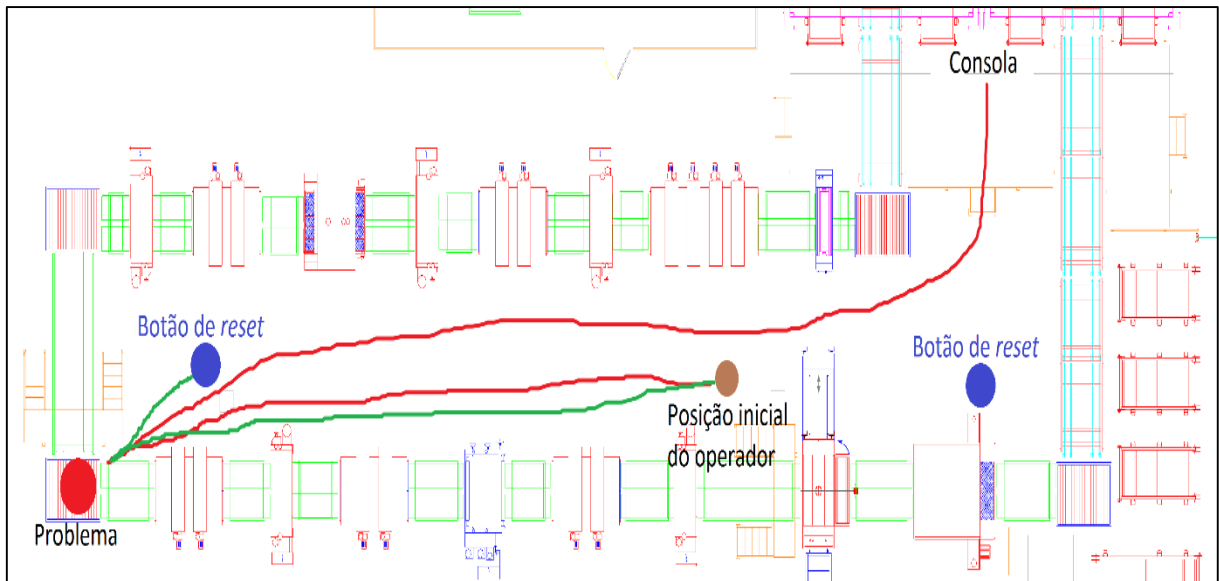


Figura 31 - Diagrama de *spaghetti* do percurso realizado por um operador para correção da paragem no transferidor nº 2 antes, a vermelho, e depois, a verde

A escolha do local para colocação dos botões de *reset* é feita com base nos locais com maior taxa de paragem. Como é perceptível na Figura 31, para uma posição inicial aleatória, como é o caso, a redução do tempo de paragem por avaria baixaria imenso pela redução do tempo gasto em percursos. No exemplo dado, o operador a caminhar normalmente demoraria 23 segundos a realizar o percurso, ao invés de 52 segundos.

4.2.3 Máquina de aplicação de *Hot Coating*

O principal motivo da diferença de rendimento entre acabamentos prende-se com o facto do acabamento *NPC* utilizar a máquina de aplicação de *Hot Coating*, que não consegue aplicar o verniz requerido por unidade de tempo. A consequência deste ponto de estrangulamento do abastecimento da máquina, leva à necessidade de parar a linha de produção manualmente, sempre que o caudal de verniz estiver demasiado baixo e esperar que o mesmo volte a encher. O tempo padrão de produção para este tipo de acabamento é superior aos restantes, devido à utilização desta máquina.

O tempo de enchimento do caudal de verniz é de aproximadamente 9,3 minutos e foi obtido através de várias medições. Como o seu valor não é registado, é contabilizado como micro paragem e afeta o rendimento, apesar da linha ser parada conscientemente. O transportador transferidor nº 1 é responsável pela cadência da linha e o problema da máquina de aplicação de *Hot Coating* leva à necessidade de manualmente os operadores terem que ajustar a velocidade do transportador transferidor, de modo a não estarem constantemente a parar a produção (medida preventiva). Não existe um *standard work* para a velocidade do acabamento *NPC*, pois o abastecimento da máquina depende da condição atual da bomba de abastecimento, que é muito irregular e não é possível controlar. Caso não alterem a velocidade do transferidor, à cadência normal da linha que é definida em metros quadrados, a taxa de paragens por hora seria muito superior.

O processo de verificação do caudal da máquina é feito manualmente através de deslocação à mesma. Quando acham que o caudal está demasiado baixo deslocam-se à lixadora nº 1 e param o transportador, ou seja, param a entrada de placas no processo produtivo. Após várias verificações ao enchimento do verniz, quando este está cheio, voltam à lixadora nº 1 para ligar o transportador e voltam a iniciar a produção.

Além das constantes verificações necessárias, ainda existe outra relacionada com o bidão de verniz que abastece a máquina. Não existe qualquer sinal informativo a avisar os operadores que o bidão está a acabar e/ou que já acabou. A implementação de sinais sonoros, visuais ou outros, é justificada nos locais e pelos motivos assinalados. A máquina deverá emitir um sinal a avisar que o caudal está demasiado baixo, necessitando de parar de aplicar verniz ou, caso contrário, os produtos ficam estragados e, desta forma, os operadores não necessitam de, constantemente, se deslocar à máquina para verificar o caudal. O mesmo acontece quando o caudal está a um nível ótimo e pode ser dado início à produção. Atualmente a máquina tem uma segurança que atua quando o verniz atinge o nível máximo de enchimento. Seria fácil juntar a essa segurança um sinal informativo para os operadores, onde quer que estejam, percebam tal facto. Outro sinal informativo necessário está relacionado com o bidão de *Hot Coating*. Quando a sua quantidade de verniz estiver demasiado baixa, o sinal informativo deve avisar que brevemente será necessário efetuar a troca do bidão e, assim, são otimizadas as tarefas de preparação.

O tempo padrão de produção de metros quadrados por hora neste acabamento não é comparável aos restantes. A máquina de aplicação de *Hot Coating* é um ponto de estrangulamento devido à irregularidade de abastecimento do verniz e a necessidade de reduzir a produção é conhecida. O projeto apresentado na próxima secção tem como objetivo corrigir este problema.

4.2.4 Projeto de compra do sistema de abastecimento Kleiberit TopMelter

A necessidade de aumentar a produção do acabamento *NPC*, conjugada com o aproveitamento total da linha produtiva, não dependendo da máquina de aplicação de *Hot Coating*, resultou no estudo de uma nova tecnologia de abastecimento de *Hot Coating* capaz de debitar um caudal mais estável e superior ao atual. O atual sistema de abastecimento, além do problema do caudal que debita, como está configurado para trabalhar à capacidade máxima, a sua bomba tem uma vida útil reduzida, aproximadamente 2 meses (medida enquanto o projeto decorreu), provocando custos elevados.

O novo sistema de abastecimento pode ser implementado em conjunto com o atual ou retirar o atual da linha e colocar apenas o novo. Em termos de espaço, a sua colocação na linha não diminuirá o espaço útil, como será explicado mais à frente.

A comparação do atual sistema de abastecimento em conjunto com o novo sistema é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Comparação da capacidade de produção (m^2/h) do acabamento *NPC* em função do aproveitamento total da capacidade produtiva da linha

Dimensão das placas	Estado atual	Sistema de abastecimento atual em conjunto com uma máquina Kleiberit TopMelter	Sistema de abastecimento atual em conjunto com duas máquinas Kleiberit TopMelter	Três máquinas Kleiberit TopMelter sem o sistema de abastecimento atual
Grande	40%	75%	Excesso de 11%	Excesso de 6%
Média	33%	60%	88%	83%
Pequena	50%	90%	Excesso de 29%	Excesso de 19%

Analisando a Tabela 3, e como já vimos anteriormente, a capacidade de produção do acabamento *NPC* é bastante inferior à capacidade de produção da linha nos outros

acabamentos, pois a máquina de aplicação de *Hot Coating* é o *bottleneck*. Para deixar de o ser, é necessário aumentar a capacidade de alimentação do verniz. Com a compra de uma máquina *Kleiberit TopMelter* a capacidade de produção é aumentada significativamente, principalmente na dimensão pequena onde apenas são produzidos -10% de produtos, relativamente ao aproveitamento total da linha. Comprando duas máquinas, é excedida a capacidade de produção nas dimensões grande e pequena, 11% e 29%, respetivamente, ficando apenas a 12% do aproveitamento total da linha na dimensão média. No caso de serem compradas três máquinas, é possível aproveitar totalmente a capacidade da linha em conjunto com o sistema atual, deixando a máquina de aplicação de *Hot Coating* de ser o *bottleneck*. Em contrapartida, como com duas máquinas já excedíamos a capacidade de produção da linha para as dimensões grande e pequena, a capacidade instalada seria muito superior à necessária. Com a instalação de três máquinas, desativando o atual sistema, é possível aproveitar a capacidade da linha nas dimensões grande e pequena.

Esta tecnologia de alimentação de *Hot Coating* é recente e, nesta primeira fase, foi decidido comprar e instalar duas máquinas, em conjunto com o sistema atual. Com esta solução, a capacidade de produção do acabamento *NPC* será igual à dos outros acabamentos, com exceção da dimensão média que ficará apenas a 12% do aproveitamento total da capacidade produtiva da linha (para um funcionamento normal do atual sistema de abastecimento). É esperado que, com os problemas do atual sistema de abastecimento, a produção das dimensões grande e pequena não seja afetada pois tem capacidade a mais instalada. A capacidade de produção da dimensão média pode cair para um valor abaixo dos 88% do aproveitamento total da capacidade produtiva da linha sempre que o sistema de abastecimento atual estiver em fim de vida e seja necessário proceder à substituição da bomba.

A capacidade de abastecimento das duas máquinas é 178% superior ao sistema atual na dimensão grande, 169% na dimensão média e de 158% na dimensão pequena. Como a capacidade do sistema atual em conjunto com as novas máquinas é excedida nas dimensões grande e pequena, o aumento real da capacidade produtiva destas dimensões será de 150% e 100%, ao invés de 178% e 158%, respetivamente.

Depois de analisadas as características físicas da máquina foi feita uma simulação da sua implementação com a ajuda do software *Tinkercad*, de modelação em 3D. Inicialmente criou-se à escala o ambiente circundante da máquina de aplicação de *Hot Coating*, Anexo B.

O atual sistema de abastecimento foi explicado na secção 3.3.1.

No novo sistema de abastecimento o verniz flui por um tubo aquecido, situado na parte inferior da máquina, caindo por gravidade. Uma das limitações do novo sistema é a necessidade de se encontrar sobre a máquina de aplicação de *Hot Coating*, pois o tubo tem de estar alinhado com o caudal de verniz da máquina de aplicação. Devido às dimensões da máquina de aplicação de *Hot Coating*, apenas é possível ter duas novas máquinas sobre si, Anexo C. Para o acesso a essas duas máquinas é necessário criar uma estrutura que suporte as máquinas e permita o acesso para as abastecer e efetuar outras configurações e/ou manutenção. A recarga de *Hot Coating* é de 25 kg e recarregar a máquina não será muito confortável para os operários, visto terem que subir a estrutura até chegar à posição de abertura da máquina.

O projeto de implementação das duas novas máquinas, bem como a análise do aumento da capacidade produtiva, foi apresentado ao Departamento de Engenharia/Manutenção que o aprovou. Atualmente encontra-se em fase final de implementação, tendo já sido adquiridas as máquinas, bem como a estrutura de suporte.

4.2.5 Paragens do transportador transferidor de correias e rolos nº 1

Um dos problemas com maior taxa de ocorrência é verificado no transportador transferidor de correias e rolos número 1, como se pode ver na Figura 29. A importância da sua resolução foi consensual. Através de brainstorming e da técnica iterativa dos 5 porquês, perguntando cinco vezes o porquê da ocorrência do problema chegou-se a algumas causas da sua ocorrência e possíveis soluções. A questão inicial colocada foi porque empancam as placas no transportador transferidor de correias e rolos número 1?

Observou-se que as placas ficavam, por vezes, presas com um canto numa ranhura e outras vezes por baixo do separador de placas. Este problema acontece porque as placas não chegam alinhadas à máquina e conseguiu-se entender o porquê.

O transportador de correias não é ideal para este tipo de produto visto que as placas não ficam bem firmes às correias que, além de serem lisas, são poucas. Cada transportador de correias é constituído por 4 correias, distribuídas ao longo da sua largura. As placas entram na linha com o seu centro alinhado com o centro do transportador e, tanto as mais pequenas como as médias, apenas são transportadas com duas correias. Só as grandes ocupam a totalidade do transportador. Nos arranques e travagens dos transportadores de correias, as placas movem-se ligeiramente, o que piora o seu alinhamento.

Outro problema acontece com as placas grandes, que passam muito perto de uns ferros do gradeamento e, por vezes, batem neles alterando o seu sentido. Nas placas pequenas e médias não foi registado este problema pois têm maior distância, desde a sua extremidade até aos ferros do gradeamento. Para garantir sempre a mesma posição das placas nos transportadores de correias foi analisada a tarefa do despaletizador de largar as placas e também a posição das placas nas paletes.

Principalmente no caso das placas grandes, é importante que estejam posicionadas nas paletes sempre à mesma distância relativamente ao despaletizador, de forma a evitar que choquem com os ferros do gradeamento na entrada da linha. Por outro lado, o despaletizador logo que recebe o sinal de permissão de largada das placas, larga-as e arranca imediatamente para buscar outras. Verificou-se muitas vezes que, quando arrancava, ainda não tinha soltado totalmente as placas que, por isso, sofriam um impulso e caíam descentradas no transportador.

Chegou-se às causas raiz do problema:

- Posição irregular das placas nas paletes;
- Largada abrupta das placas no transportador de correias pelo despaletizador;
- Gradeamento muito justo;
- Estabilidade das placas nas correias.

Devido aos custos e tempo disponível, apenas se corrigiu a causa raiz associada ao despaletizador. Para garantir que as placas são sempre largadas da mesma forma foi alterada a programação do despaletizador. Quando recebe o sinal que não tem placas no transportador de correias e que, portanto, tem permissão para as largar, efetua a largada das placas e espera um curto intervalo de tempo, suficiente para garantir que quando arrancar se encontre livre. Além desta alteração, também foi uniformizado o tipo de ventosas para garantir que em todas elas a largada ocorre ao mesmo tempo. A criação de um tempo de espera não diminuiu a capacidade da linha, pois ainda assim tem que esperar que as anteriores saiam debaixo de si, para largar as seguintes.

A uniformização da colocação das placas nas paletes é essencial. As máquinas que pegam nas placas (despaletizador), não têm noção do local onde se encontram as placas e portanto deve ser feita a identificação em todas as paletes do local ideal para colocar as placas, de modo a não acontecerem encravamentos e outras micro paragens devidas à entrada desalinhada das

placas nas linhas de produção pela má organização das placas nas paletes. No Anexo P encontra-se um protótipo de identificação da posição correta das placas pequenas nas paletes.

4.2.6 Paragens dos restantes transportadores transferidores de correias e rolos

O problema da taxa de ocorrência de paragens nos transportadores transferidores foi analisado desde a passagem das placas no transportador transferidor nº 1, até à chegada a cada um dos três restantes. O problema era comum, as placas que não chegavam lado a lado provocavam uma paragem. Este problema ocorre tanto mais, quanto maior for a diferença de avanço de uma placa para a outra.

De modo a perceber o porquê de uma das placas se adiantar, foi acompanhada a passagem das placas de máquina para máquina e estimado o avanço de uma para a outra em cada passagem. Como não chegam ao transportador transferidor nº 1 como esperado, sucede que as placas não entram no primeiro transportador de tapete exatamente ao mesmo tempo, começado aí a diferença de avanço. O esperado é que percorram depois a restante linha, sem alterarem a diferença entre si. O que foi visualizado é que de máquina para máquina, essa posição é alterada, o que não seria suposto. Caso as alterações ao longo das máquinas se anulem umas às outras, contribuindo para que as placas distem entre si, apenas de um comprimento não problemático, não é provocada uma paragem. No caso das alterações sentidas aumentarem a diferença entre si, o problema ocorre.

A largura de todas as placas, independentemente do seu comprimento, é de 635 mm. A largura dos tapetes dos transportadores é de apenas 535 mm. Como é perceptível, 100 mm da placa estão suspensos, ou seja, as placas não estão totalmente estabilizadas nos tapetes.



Figura 32 - Posição da placa em relação ao tapete

Nas restantes máquinas o mesmo não acontece, pois são compostas por apenas um tapete que suporta a totalidade da largura das placas. Como as placas não estão bem firmes nos transportadores, ao passarem para o tapete das máquinas e depois novamente para outro transportador, originam a alteração da posição entre si.

Além dos motivos atrás descritos, a estabilização das placas também é sensível à diferença de altura entre os tapetes. De modo a conter os problemas, os operadores ajustam constantemente a diferença de alturas, onde detetam a sua ocorrência.

A necessidade do tapete de cada máquina aplicadora de verniz e respetivo túnel de secagem UV andarem a uma velocidade especificada para aplicarem e secarem, respetivamente, a quantidade de verniz parametrizada, não permite a colocação de todos os tapetes à mesma velocidade de forma a conter o problema.

A camada do material decorativo do acabamento *HPS* é uma fina folha de madeira. Como a cola utilizada entre camadas é constituída por uma percentagem de água, a madeira tem tendência a empenar e esse efeito é transmitido à placa. Este facto também foi identificado como uma causa da dificuldade de estabilização das placas nos tapetes referente apenas a este acabamento.

Para resolver este problema é necessário eliminar todas as causas que o provocam. Em primeiro lugar, devem ser resolvidas as restantes causas antecedentes ao transferidor nº1, analisadas na secção 4.2.5. A substituição dos transportadores de tapetes por transportadores de apenas um tapete que apoie as duas placas em todas as suas dimensões, tal como os das máquinas, é uma solução dispendiosa e tem que ser feita uma análise de custo/benefício. Deve-se fazer uma revisão à diferença de alturas dos tapetes em cada transferência de placas, de modo a não permitir a movimentação das mesmas entre si. Outra possibilidade de resolução do problema, passa por alterar o mecanismo dos transferidores, de forma a garantir que só transferem as placas quando elas se encontram lado a lado, de preferência sem aumentar o tempo de transferência de modo a não comprometer a capacidade pela diminuição da cadência da linha.

4.2.7 Tapete do túnel UV nº 6

As placas de uma ordem de fabrico do acabamento *HPS* encontravam-se bastante empenadas e facilitaram a descoberta de uma irregularidade no tapete do túnel UV nº 6. As placas encravavam sucessivamente dentro do túnel, principalmente as que se encontravam na parte superior da paleta. As que se encontravam na parte inferior, devido ao peso das que estavam sobrepostas encontravam-se menos empenadas e encravavam com menor frequência.

Depois de analisado o problema descobriu-se que o tapete era curto na sua largura e as placas, como estavam empenadas, não ficavam totalmente apoiadas. O desalinhamento das placas originava encravamentos por estas baterem no interior da máquina. As placas encravadas ficavam retidas até à chegada das próximas e assim sucessivamente até à paragem da linha.

Este problema levou à substituição do tapete que necessitou de ser encomendado e por isso a sua correção não foi imediata. Excepcionalmente neste problema foi seguido o terceiro passo da metodologia 8D com a introdução de guias metálicas no interior do túnel, de modo às placas seguirem alinhadas e, assim, minimizar o impacto no rendimento.

4.3 Melhoria da Qualidade

4.3.1 Limpeza do rolo da máquina de prensagem com relevo

A máquina de prensagem com relevo não possui um sistema de limpeza do rolo que evite a acumulação de resíduos ao longo da produção. No início de cada produção o rolo é inspecionado, no entanto, muitas vezes é necessário parar a produção para os operários limparem o rolo, diminuindo assim abruptamente a disponibilidade da linha quando esta máquina é necessária. Devido às placas, com o verniz do acabamento em que esta máquina é utilizada (*NPC*), não chegarem a ela totalmente secas, vão-se acumulando restos de verniz nas ranhuras do relevo do rolo. Este problema origina, ao fim de algum tempo, a perda da capacidade de relevo do rolo e, consequentemente, a produção de produtos defeituosos. Além desse problema, de perder o poder de conferir relevo nas placas, o verniz das anteriores que está depositado no rolo é, muitas vezes, transmitido às seguintes que ficam com restos de verniz indesejados.

Analisando o sistema de funcionamento da máquina foi elaborado um desenho de uma solução para este problema.

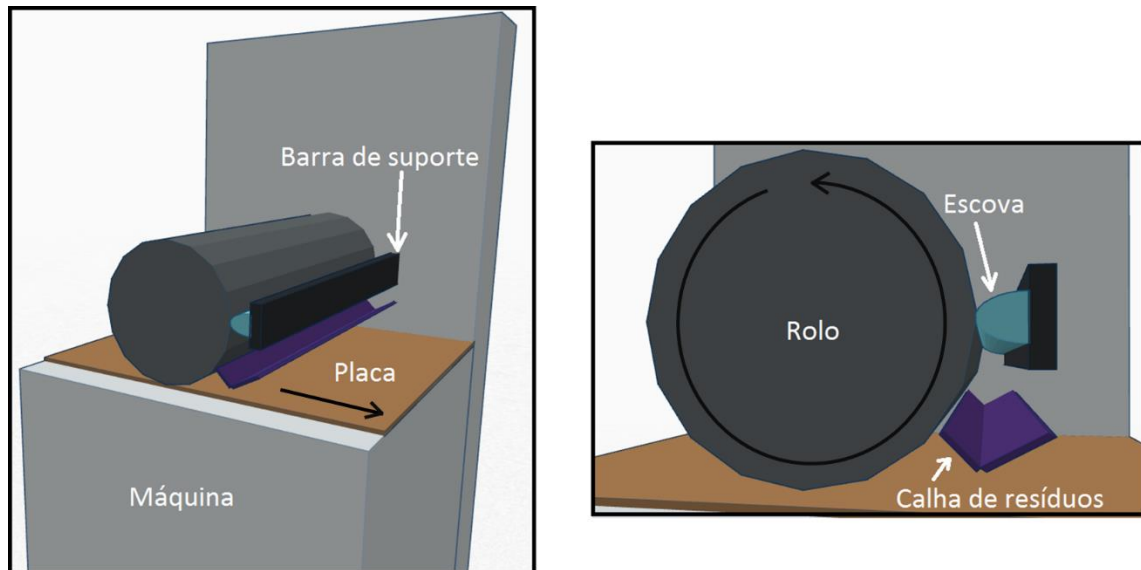


Figura 33 - Esquema do mecanismo de limpeza automático para o rolo de relevo

Como é visível Figura 33, este sistema é composto pela fixação, com fácil remoção, de uma barra metálica que suporta uma escova que não fere o rolo e está direcionada a ele. Este sistema aproveita o movimento de rotação para retirar imediatamente o verniz que foi transmitido ao rolo. Para os resíduos não caírem diretamente nas placas, o sistema também é composto por uma calha metálica que está pousada num suporte na máquina. Ambas as peças são de fácil remoção para não aumentarem o tempo de troca de ferramentas nesta máquina.

O mecanismo foi apresentado ao Departamento de Engenharia que decidiu numa primeira fase questionar o fornecedor da máquina sobre uma solução.

4.3.2 Peças danificadas após micro paragem

Uma placa apenas é rejeitada se estiver inaproveitável. Quando ocorre uma micro paragem, a linha produtiva para do local onde ocorreu o problema para trás. As placas que se encontram na máquina seguinte, continuam o seu ciclo até saírem da linha. As placas que se encontram para trás, dependendo da máquina por onde estão a passar, ficam com o relevo ou o verniz não uniforme. Isto acontece se as placas pararem sob uma máquina de aplicação de verniz/*Hot Coating* bem como sob a máquina de relevo.

Além dessas placas, as placas que se encontram no local da paragem ficam muitas vezes danificadas. Como as placas são posteriormente cortadas em duas, três ou quatro peças com a dimensão do produto final, mesmo que se encontrem parcialmente danificadas, seguem para a linha do corte onde pode ser aproveitada uma parte.

Por este motivo, a taxa de rejeição de peças da linha de envernizamento 4 é muito baixa. Na linha seguinte não é rigorosamente descriminado o motivo da rejeição, pelo que não há dados que imputem a rejeição à linha de envernizamento 4.

Para diminuir a quantidade de placas que ficam danificadas sempre que ocorre uma micro paragem, as máquinas que no momento da micro paragem têm sob si placas deveriam apenas parar, quando tivessem garantido que as placas passaram para o transportador que se encontra de seguida.

Com esta solução, depois da sua implementação, os benefícios serão refletidos pela diminuição da rejeição da linha do corte.

4.3.3 Luminosidade da máquina de relevo

A máquina de relevo não possui iluminação artificial, pelo que, não é facilmente perceptível a quantidade de verniz que se encontra no rolo. A instalação de uma lâmpada, além do baixo custo, é altamente eficaz na melhoria da detecção da sujidade do rolo.

A colocação da iluminação encontra-se em fase de implementação. Foi ainda definido um *standard work* para de duas em duas horas ocorrer a inspeção do rolo.

4.4 Metodologia 5S

A metodologia 5S, tal como todas as outras, foi criada pela necessidade de resolver um problema específico de determinada empresa. A implementação dos 5S só é eficaz se a metodologia for entendida e estimulada a motivação de todos os elementos. Para isso foram apresentados aos operadores, os princípios da metodologia e o plano de ações que iria ser feito. Foram tiradas todas as dúvidas e só depois iniciada a sua implementação.

4.4.1 Arrumar

O processo de arrumação foi feito em equipa, onde foram identificados todos os objetos presentes na linha de produção através da técnica de etiquetagem.

Nrº _____ Autor: _____ Data: ____/____/____			
Não necessário		Necessário com frequência:	
Motivo	Ação		
Defeito	<input type="checkbox"/> Reparar	<input type="checkbox"/> Alta	<input type="checkbox"/>
Extra	<input type="checkbox"/> Outra área/Linha	<input type="checkbox"/> Média	<input type="checkbox"/>
Obsoleto	<input type="checkbox"/> Sucata	<input type="checkbox"/> Baixa	<input type="checkbox"/>

Figura 34 - Etiqueta usada para identificar cada objeto

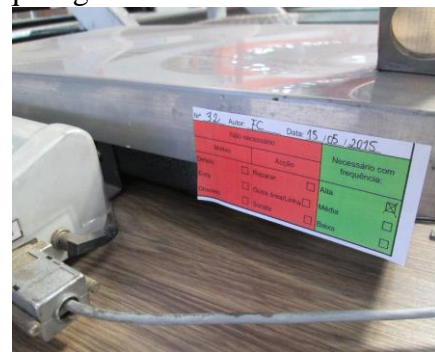


Figura 35 - Exemplo de objeto etiquetado

Cada etiqueta é composta pelo respetivo número, autor e data na parte superior e na parte inferior é identificada a necessidade do objeto. Do lado esquerdo a cor vermelha é preenchida para os objetos não necessários com o motivo e ação e do lado direito a frequência com que os objetos necessários são utilizados. Com este método são identificados todos os objetos, facilitando o passo seguinte da organização.

No total foram identificados 263 objetos, 72 deles não necessários que libertaram imediatamente espaço para trabalho. Os parafusos, as porcas e as anilhas foram considerados como um objeto cada. Um próximo trabalho deve identificar o número necessário que deve ser mantido na linha de cada tipo.

4.4.2 Organizar

A organização dos objetos foi a tarefa mais complexa e a que mais discussão levou. As rotinas não foram fáceis de mudar mesmo que, à partida, fosse demonstrável trazerem benefícios. É importante referir que a segurança e comodidade dos operadores foi sempre priorizada. Quando a equipa testava cada alteração, previamente decidida, os prós e os contras eram debatidos e só depois a decisão final tomada.

A localização dos armários foi alterada e com isso beneficiou-se ao nível da luminosidade da linha onde passa o produto depois de percorrer todo o processo. Devido às suas dimensões, os armários impossibilitam a visão para as suas traseiras e a escolha do local para a sua

colocação teve em consideração isso mesmo. Ficaram posicionados de forma a minimizar a ocultação de máquinas e luminosidade no produto, para otimizar a verificação de qualidade.



Figura 36 - Organização do armário de ferramentas

Dentro dos armários foram colocadas caixas com compartimentos e, assim, organizados os parafusos, porcas, anilhas, anéis elásticos, ventosas, pregos, entre outros. As ferramentas já se encontravam penduradas num suporte de madeira. Procedeu-se à alteração das suas posições por tipo de ferramenta e tamanho, de modo a otimizar o processo de escolha. Ao nível de busca de ferramentas, o processo tornou-se mais fácil e rápido com a organização efetuada. No processo de escolha sobrou uma mala que foi aproveitada para colocar as ferramentas necessárias para a realização de *setup*, de modo a garantir que quando a levarem não necessitarão de voltar ao armário, em busca de uma ferramenta esquecida.

A linha possui duas secretárias modulares. Uma delas, onde era efetuada a verificação do peso da deposição de verniz na placa e registada a produção, foi separada em duas e a parte onde se encontrava a balança mudada de posição para minimizar o percurso dos operadores no processo de verificação do peso, como ilustra a Figura 37.

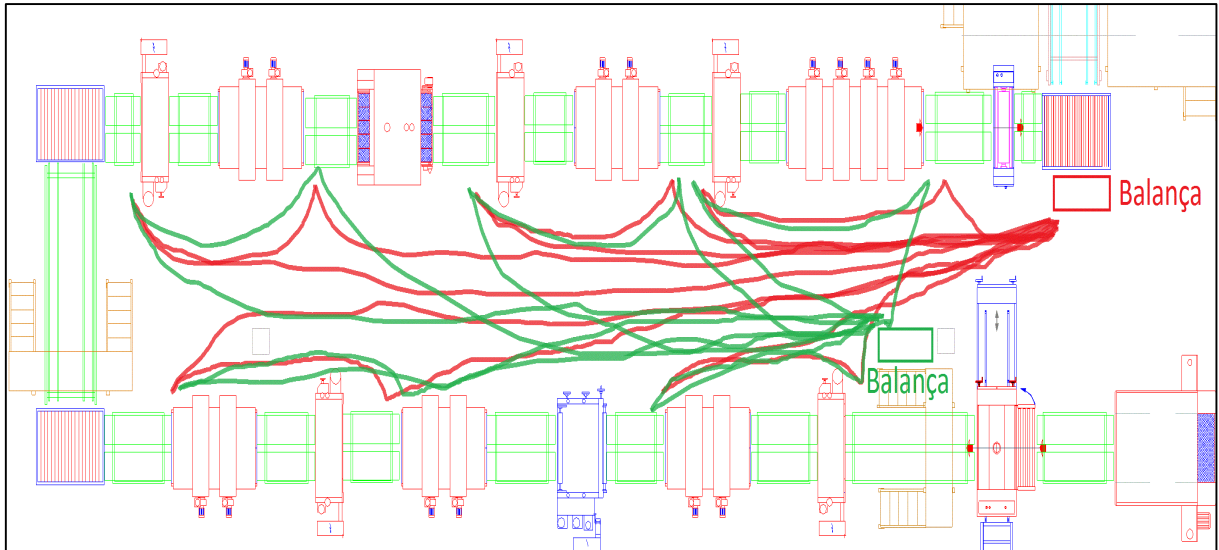


Figura 37 - Comparação da posição da balança antes e depois, a vermelho e verde respetivamente (para ajustar as máquinas para o acabamento WRT)

A redução dos percursos poderia ser maior se a balança estivesse localizada mais ao centro da linha mas devido à área de trabalho necessária para configurações nas máquinas de verniz, não foi possível. Ainda neste rearranjo das secretárias, além da balança, também foram lá colocados os documentos e folhas de produção.



Figura 38 - Rearranjo da posição das secretárias

A outra parte da mesma secretária, uma estante, não se deslocou e é onde agora são guardados o aparelho do brilho, fita-cola, caneta e x-ato, bem como padrões e outros objetos de controlo da qualidade.

À outra secretária modular foi retirado um armário que se colocou ao lado da máquina de aplicação de *Hot Coating*, para guardar ferramentas e outros produtos necessários para a sua preparação e limpeza, ficando ao alcance da mão no ponto de utilização. A parte principal onde é feita a verificação do brilho, da cura e adesão do produto foi deslocada para onde se encontra a estante que sobrou da outra secretária. Está agora localizada junto à última

máquina do processo produtivo, precisamente onde o produto está em condições de ser testado.

O computador e o telefone irão futuramente para a secretária que tem a balança e a estante onde se encontram irá ser colocada sob a secretária de controlo da qualidade de forma a reduzir espaço. Este último rearranjo não foi possível efetuar pois está dependente da mudança dos cabos da rede para o computador e para o telefone que ainda se encontra em fase de conclusão.

A localização do *stock* de verniz foi mudada, ficando muito mais perto da linha. Foram simuladas no *Tinkercad* as várias posições possíveis para as prateleiras e só depois se procedeu à sua alteração. No Anexo H, pode ser consultada a simulação.

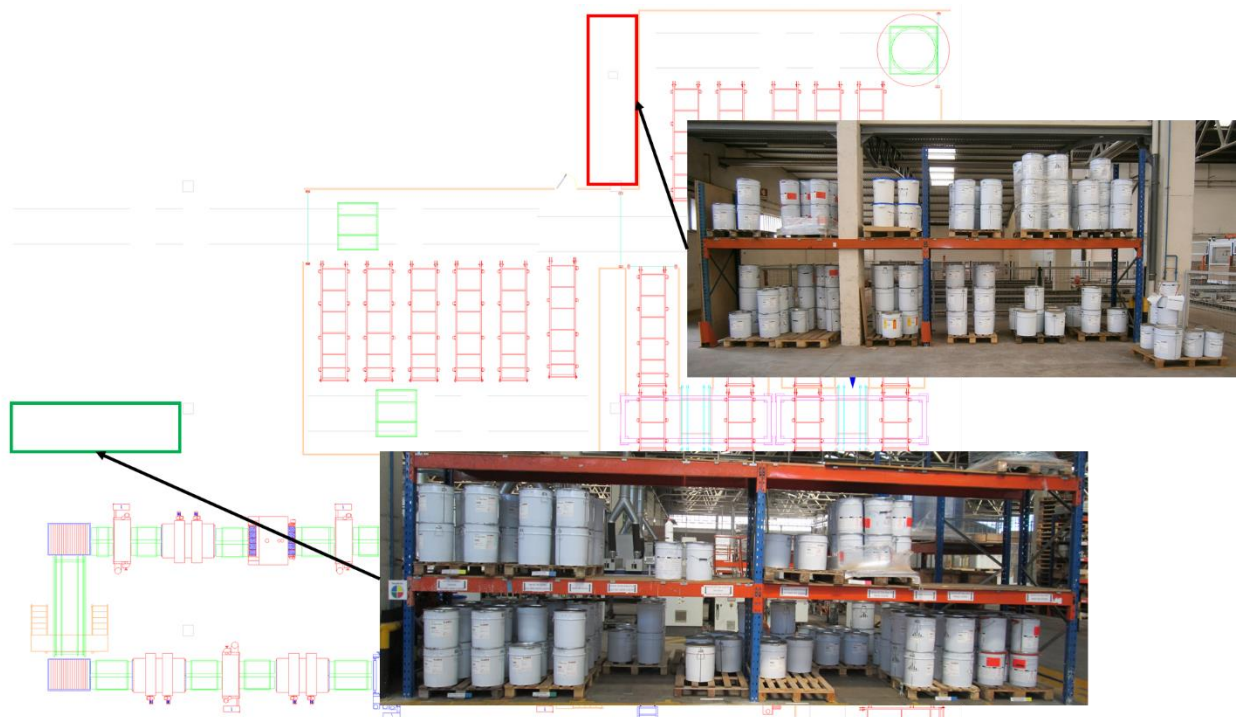


Figura 39 - Alteração da localização e organização do *stock* de verniz. A vermelho está representada a localização inicial e a verde a final

Na parte inferior da prateleira do *stock* de verniz foi colocada uma paleta por tipo de verniz, com 12 latas cada. Anteriormente as paletes estavam desorganizadas, com diferentes tipos de verniz por paleta. O processo de escolha das latas de verniz pelos operadores foi melhorado e é apresentado de seguida.



Figura 40 - Organização do espaço do *stock* de verniz

As paletes onde os operários se deslocam quando a linha precisa de verniz, paletes em uso, estão localizadas nas traseiras da prateleira do *stock* de verniz. Sempre que uma paleta em uso acaba, a paleta seguinte, que se encontra na parte inferior da prateleira com o mesmo tipo de verniz, é puxada para trás ocupando a sua posição. As paletes excedentes são colocadas na parte superior da prateleira e sempre que é libertado espaço vão para a parte inferior. Com esta organização, foi aumentado o espaço disponível para colocar paletes pois foi aproveitado o espaço das traseiras da prateleira. Anteriormente apenas se ocupava a parte inferior e superior. Além disso, foi otimizado o processo de escolha de latas por data de receção, devido ao percurso feito pelas paletes até ao operador pegar nas latas.

No *stock* de vernizes, foram identificadas as paletes que se encontram em espera para ocupar a posição inferior da prateleira, por ordem de receção, garantindo que as que se encontram à espera há mais tempo, ou seja, com menor tempo de validade, sejam as que serão utilizadas primeiro. Foram consideradas quatro cores que identificam a ordem de escolha de cada paleta de cada tipo de verniz. As paletes são identificadas com uma determinada cor que tem uma antecedente e uma precedente como se pode ver na Figura 41. Apenas foram consideradas quatro cores, pois não é normal existirem mais de 5 paletes por tipo de verniz. Uma das paletes não é identificada pois encontra-se em uso.

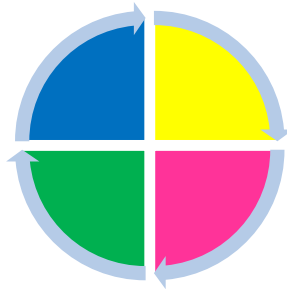


Figura 41 - Sequência de ordem de entrada

Quando é libertada uma posição na parte inferior da prateleira, ou seja, é necessário escolher uma paleta para ocupar a sua posição, primeiro é analisada a cor da que irá passar a ser a paleta em uso e depois escolhesse a paleta com a cor que a sucede pela análise da Figura 41. Por exemplo, se a paleta que passará a ser de uso tem cor verde, escolhemos para a sua posição a paleta de cor azul.



Figura 42 - Organização da prateleira dos rolos

A prateleira com o *stock* de rolos, Figura 42, permanece no mesmo sítio mas com diferente organização. Foi retirada a travessa inferior e foram colocadas as duas caixas de rolos mais utilizados com os patins no chão, assim não é necessária a utilização de um empilhador para pegar e transportar essas caixas. No primeiro andar encontram-se as outras duas caixas de rolos e no segundo andar o *stock* de bidões de *Hot Coating*.

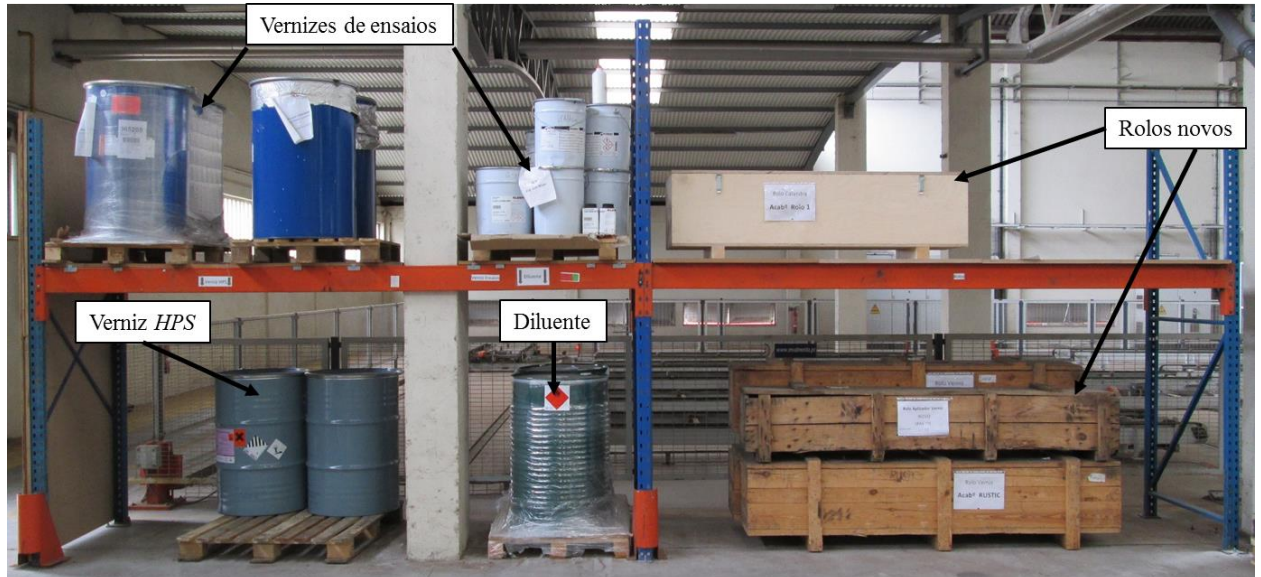


Figura 43 - Organização da prateleira dos vernizes de ensaios, rolos novos, verniz *HPS* e Diluente

Os bidões de verniz *HPS* de 200 kg e de diluente de 200 l, bem como os vernizes de ensaios e rolos novos foram organizados num local mais afastado, onde se encontrava o *stock* de verniz, pois são produtos de baixa rotação, Figura 43.

No interior da linha foi ainda definido e organizado um *stock* de verniz, suficiente para cada turno de produção, composto por uma lata nova e uma lata em uso de cada tipo de verniz, Anexo L. Este *stock* é abastecido pelos operadores no final de cada turno e pode ser feito com a linha em produção. Com este *stock* na linha, rapidamente é trocada uma lata de verniz que acabou por uma nova.

O *stock* de panos limpos foi dividido em dois e colocados nas extremidades da linha. Com esta distribuição foram otimizados os percursos em busca de panos limpos que são usados para limpeza dos locais que contactam com o verniz. Além disso foi definido um local de recolha dos panos usados junto a cada *stock* de panos limpos onde é feito o seu depósito.

Foi libertado espaço para colocar um lavatório. A sua existência é justificada pelo impacto que a limpeza tem no produto final. Além do cuidado necessário ao manusear o produto, de modo a não causar defeitos, a limpeza das mãos e/ou luvas previne o acumular de sujidade nos ecrãs e corpo das máquinas.

Foi ainda desenhada uma estante para colocar sob o transportador de tapete nº 2, precisamente antes da máquina de aplicação de *Hot Coating*, para colocar o tabuleiro de limpeza bem como para colocar o revestimento usado para o tabuleiro. Este local foi definido tendo em consideração a proximidade à máquina onde o tabuleiro é usado. No Anexo J pode ser consultado o estado atual de organização do tabuleiro e o desenho do que será implementado no transportador de tapete nº 2.

4.4.3 Limpar

O processo de limpeza geral foi realizado e melhorado o ambiente de trabalho. A acumulação de sujidade é sempre prejudicial. Em conjunto com o plano de manutenção autónoma

abordado na secção 4.5, foi garantida a limpeza do ambiente de trabalho de forma regular, evitando o acumular de sujidade nas máquinas e restantes ambiente produtivo. No Anexo M podem ser verificados exemplos do estado de limpeza antes e depois desta intervenção.

A limpeza da linha de envernizamento 4 é especialmente difícil de manter devido ao manuseamento dos vernizes e funcionamento das máquinas de verniz. Tendo em conta estes factos será importante pintar todo o chão da linha com uma cor uniforme, identificar novamente as posições de cada objeto e envernizar o chão. Com o chão envernizado será muito mais fácil remover a sujidade. A tinta para o efeito já foi disponibilizada, tal como o verniz e, em breve, será possível proceder à pintura e envernizamento do chão. Por outro lado, melhorará o ambiente de trabalho e conterà o desleixamento.

4.4.4 Normalizar

A normalização é essencial para que os operadores continuem a aplicar a metodologia de modo a garantir o cumprimento dos esforços feitos até então.

Foram criados exemplos de boa organização apenas com os objetos essenciais à linha junto aos seus locais. Estes exemplos de arrumação e boa organização identificam apenas os objetos essenciais e também servirão no passo da autodisciplina para avaliar o estado de implementação da metodologia.



Figura 44 - Exemplos de organização por marcação e por identificação

A identificação de cada objeto no seu local de armazenamento ajudou a garantir a organização. Todos os objetos foram identificados como se pode verificar na Figura 44.

Foi garantido que cada objeto tem um lugar atribuído e não esteja constantemente em locais diferentes e desorganizado. A gestão visual pela identificação, facilitou também o processo de busca de ferramentas e outros objetos.

A marcação no chão, apenas dos locais de cada objeto fixo, ajuda visualmente a saber onde é a sua posição e evita deslocações indesejadas do mesmo.

Foi definida uma quantidade de 12 latas por palete no *stock*. Devido às alterações no *stock* existente, atualmente algumas paletes têm menor quantidade.

O processo de limpeza foi incluído no Plano de Manutenção Autónoma que será apresentado na secção 4.5.

4.4.5 Autodisciplina

Por forma a avaliar o estado de implementação dos 5S, decidiu-se realizar auditorias mensais. A realização de auditorias tem como objetivo manter os operários empenhados. A exposição dos resultados na linha cria um estímulo positivo para melhorarem a cada mês e para serem

uma equipa exemplo de implementação da metodologia. No Anexo Q pode ser consultado o mapa definido para a realização das auditorias.

As auditorias são realizadas por uma equipa acompanhada por um mapa da linha, que em conjunto percorre determinados pontos estratégicos previamente definidos. Em cada ponto de verificação existe uma ou várias fotografias de exemplo de boa organização do local em questão, Anexo O. No momento de avaliação apenas são consideradas duas hipóteses, ou está tudo como o exemplo e a resposta é positiva ou alguma coisa está mal e a resposta é negativa e assinalado o/os motivo(s). A decisão da avaliação de cada ponto é por consenso entre a equipa. Como nem todos os pontos de verificação têm a mesma dificuldade de preservação das condições padrão, nem todos eles têm o mesmo peso na classificação final. No final, as respostas positivas e as respostas negativas são convertidas para uma escala de 0% a 100%. A dificuldade de conservação de cada ponto é previamente definida tendo em conta vários fatores como a quantidade de objetos que se encontram e portanto têm que estar no seu local, pontos de sujidade no local que dificultam que seja mantido limpo, média da quantidade de vezes que cada objeto é utilizado, entre outros.

$$Classificação = \sum_{i=1}^{N^{\circ} \text{ de pontos de verificação}} (1 \times x) \times (\% \text{ Ponto de verificação } i) \quad (5.1)$$

Onde:

x tem o valor de 1 no caso de classificação positiva e 0 no caso de classificação negativa

O resultado da auditoria é disposto num quadro 5S, de acordo com o modelo usado pela empresa, com a classificação final obtida. No quadro também é possível verificar a classificação final das últimas auditorias. O quadro pode ser consultado no Anexo N. A classificação da auditoria realizada durante o projeto foi de 87% e os dados podem ser consultados no Anexo Q.

4.5 Plano de Manutenção Autónoma

A deterioração dos equipamentos da linha de envernizamento é facilmente visível devido à inexistência de manutenção dos mesmos, de acordo com as instruções dos fornecedores. Por exemplo, frequentemente ocorrem micro paragens devido a sensores estarem sujos ou desapertados. De forma a minimizar os impactos decorrentes do uso dos equipamentos, foi implementado um plano de manutenção autónoma, de acordo com o modelo seguido pela empresa, com tarefas que podem ser realizadas pelos próprios operadores.

O primeiro passo foi clarificar quais máquinas pertencem à linha, criando uma lista de todas as máquinas, por ordem de posição, com a ajuda do Departamento de Engenharia/Manutenção.

De seguida foram distinguidos os tipos de máquinas existentes e para cada tipo, foram atribuídas tarefas de manutenção autónoma compostas por:

- Periodicidade – De quanto em quanto tempo a tarefa tem que ser realizada, podendo ser de 1, 4, 8, 12 ou 24 semanas;
- Zona;
- Estado da linha – A produzir ou parada;
- Localização – Dentro ou fora da linha (é considerada dentro da linha, a tarefa realizada pelo operador na parte da máquina situada na zona onde os operadores se encontram; é considerada fora da linha, a tarefa realizada pelo operador na parte da máquina que obriga o operador a sair da linha para a realizar);
- Material necessário para a sua realização.

Cada máquina pertence a uma zona da linha, que se definiu para posteriormente otimizar o processo de agrupação das tarefas. No Anexo I pode ser consultada a divisão da linha por zonas.

Nº		#Máquina	Máquina	Ação	Material
1		054	Transportador de correias de entrada N2	Verificar estado de conservação, limpar e reapertar (se necessário) fotocélulas.	Luvax PU
2		054	Transportador de correias de entrada N2	Verificar estado de conservação, ruídos anormais, fugas de lubrificante e funcionamento do moto-reductor	Luvax PU
3		058	Transportador de correias de entrada N3	Verificar estado de conservação, limpar e reapertar (se necessário) fotocélulas.	Luvax PU
4		058	Transportador de correias de entrada N3	Verificar estado de conservação, ruídos anormais, fugas de lubrificante e funcionamento do moto-reductor	Luvax PU

Figura 45 - Exemplo de cartão principal do plano de Manutenção Autônoma

O próximo passo foi agrupar as tarefas por zona, periodicidade, estado da linha e localização e atribuir a essas tarefas um cartão. No total foram criados 85 cartões, onde estão distribuídas 476 tarefas. O tipo de tarefa a realizar pode ser composta pelos seguintes tipos de ações ou apenas por um deles: verificação, limpeza, substituição e lubrificação. Foi feita uma estimativa dos tempos de realização de cada tarefa e, assim, definido um tempo previsto para a realização da manutenção autônoma de cada cartão. Com esta solução, é garantida a eficiência do processo de manutenção dos equipamentos, não comprometendo em demasia a disponibilidade da linha. Na traseira de cada cartão encontram-se fotografias explicativas da realização de cada tarefa.

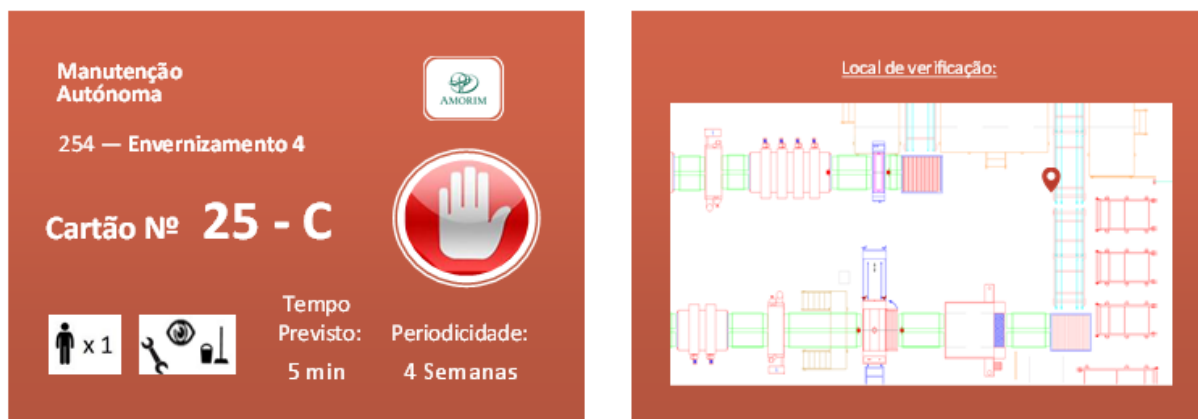


Figura 46 - Exemplo de cartão auxiliar do plano de Manutenção Autônoma

Cada cartão tem ainda um par de cartões auxiliares, que auxiliam o processo de organização e realização do plano. Os cartões auxiliares são compostos pela identificação do cartão a que pertencem, a linha de produção, o tempo previsto, a periodicidade, o estado da linha, a quantidade de operadores necessária, o tipo de tarefas realizadas, a localização da linha no quadro e na parte de trás a indicação da sua localização na linha. A única diferença desses dois cartões auxiliares é a cor que será explicada mais à frente.

Plano de Manutenção Autônoma Semanal—Envernizamento 4																
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Nº cartão	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
5; 6	A															
1; 3; 4; 7	B															
8; 12; 21; 24; 27 2; 10; 11; 17; 20; 25	C															
9; 14; 16; 18; 26 13; 19; 22; 23	D															
28; 31; 33; 62; 85 15; 29; 34; 60	E															
30; 61; 64; 70 32; 63; 65; 66	G															
77; 79; 80 67; 75	H	1	2	4	1	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
68; 73 71; 78	K	2	3	1	2	4	1	3	4	2	3	4	1	2	3	4
72; 76 69; 74	L	3	1	2	4	1	3	4	2	3	4	1	2	3	4	1
42; 43; 58; 59 40; 44; 51	M															
37; 38; 46; 49 53; 56	N															
39; 48; 52 35; 45; 47	O															
41; 54; 57 36; 50; 55	P															
81; 82; 83; 84	R															

Figura 47 - Quadro do Plano de Manutenção Autônoma da linha de envernizamento 4

A organização dos cartões é feita com a ajuda de um quadro de manutenção autônoma, Figura 47. O quadro é composto por uma matriz onde as colunas representam as semanas e as linhas os cartões. A distribuição dos cartões pelas semanas tem em consideração o tempo necessário para a realização das tarefas de cada um. São distribuídos de forma a equilibrar o tempo dedicado a manutenção autônoma, em cada semana. No cruzamento de uma linha com uma coluna encontra-se um cartão auxiliar correspondente a uma semana e a um cartão. Inicialmente, o plano de manutenção foi implementado em linhas em que a quantidade de cartões era reduzida. A quantidade de cartões que foram criados na linha de envernizamento 4 levou à melhoria do quadro de manutenção autônoma. Ao longo da implementação foi

melhorada a distribuição dos cartões pelas semanas, pela adição de uma sequência para os cartões com periodicidade 12 de modo a compactar o tamanho do quadro. Com esta solução não são necessárias no mínimo 24 colunas mas sim apenas 16. Além disso, as linhas foram identificadas por letras de modo a facilitar a localização dos cartões. Os operadores conseguem facilmente encontrar a linha onde o cartão se encontra, ao invés de procurar na coluna do lado esquerdo pelo número do cartão. A distribuição das letras não segue a ordem alfabética. Foram evitadas algumas letras para minimizar possíveis erros na colocação dos cartões.

De seguida foi dada formação aos operadores, onde foi explicado o funcionamento do plano de manutenção autónoma.

Os cartões com tarefas que podem ser realizadas com a linha em funcionamento vão sendo concluídos pelos operadores ao longo da semana sempre que têm tempo disponível. Os cartões com tarefas que apenas podem ser realizadas com toda a linha parada são realizados no fim do último turno da semana. Se durante a semana a linha parar por falta de plano de fabrico ou avaria e os operadores estejam sem ocupação, verificam o quadro do plano de manutenção autónoma e realizam prioritariamente os cartões com tarefas que apenas podem ser realizadas com a linha parada.

O processo é inicializado com a visualização da coluna da semana em questão. De seguida é retirado um cartão auxiliar dessa coluna e o cartão a que pertence, que se encontra armazenado junto do quadro. É verificada a localização das tarefas nas traseiras do cartão auxiliar e de seguida feita a deslocação para o local. São realizadas todas as tarefas descritas e em caso de dúvida, consultada a explicação. Nesse local existe o outro cartão auxiliar e depois de realizadas as tarefas de manutenção, é trocado com o que se encontrava no quadro. Desta forma é garantido que o operador se deslocou ao local. De seguida o operador desloca-se novamente para o quadro e coloca o cartão auxiliar que trouxe do local onde estava depositado na próxima célula com a sua cor, na mesma linha onde se encontrava o seu par. Quando não há uma célula que corresponde ao critério estabelecido, o cartão volta ao início da linha até encontrar uma célula que lhe corresponda. Nos cartões com periodicidade 12, o processo de troca dos cartões é diferente. O cartão também é colocado na célula com a sua cor mas tem a diferença de poder andar para trás. É colocado na célula da sua cor com o número seguinte ao do cartão auxiliar anterior. O cartão principal é novamente armazenado junto do quadro. Por último, o operador regista num formulário a realização das tarefas do cartão em questão e tem também oportunidade de anotar alguma falha no processo ou oportunidade de melhoria.

Com esta organização, é garantido o cumprimento das tarefas de manutenção dos equipamentos, respeitando a periodicidade do fornecedor do equipamento de forma fácil e intuitiva. A verificação do estado do plano de manutenção autónoma da linha é feita periodicamente por uma equipa, de forma a controlar a sua realização.

4.6 Evolução do OEE ao longo de 2015

O valor global do OEE e os seus índices foram calculados até à semana 25 de 2015. De seguida é analisada a evolução de cada um.

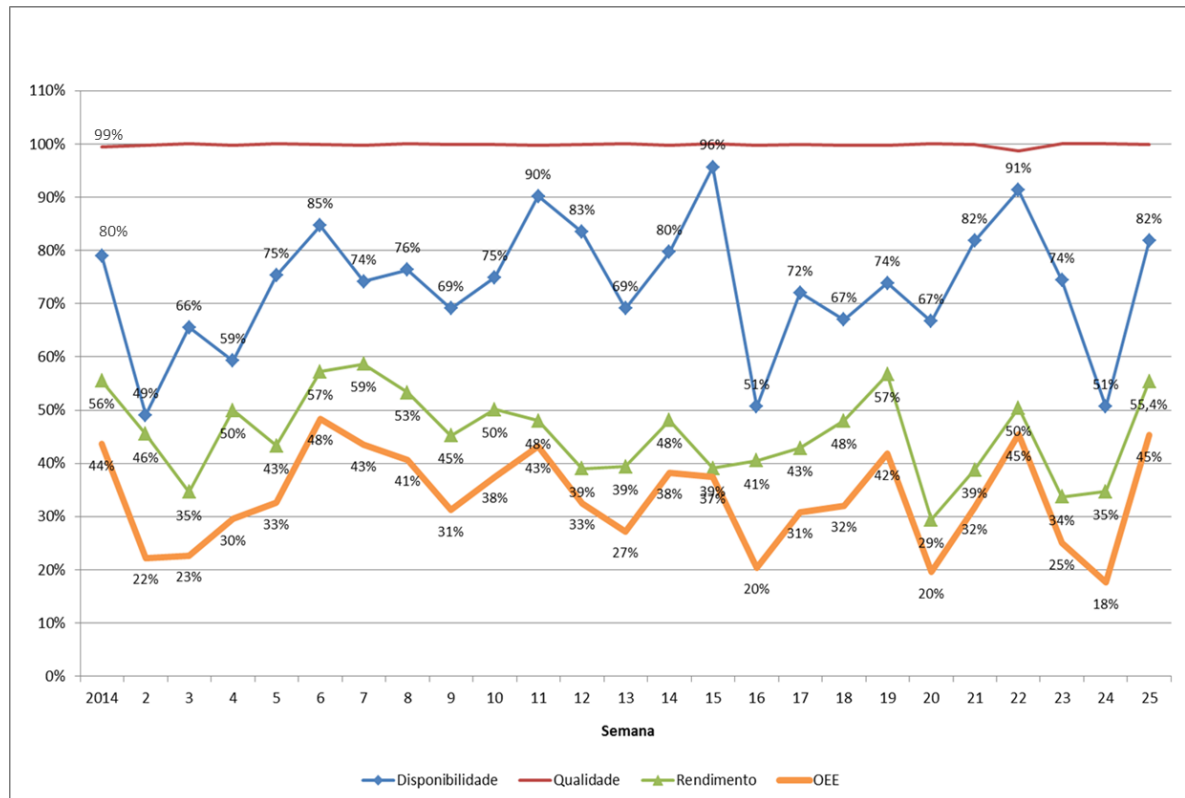


Figura 48 - Evolução do OEE e dos seus índices ao longo de 2015

O projeto teve início na semana 9 e até à semana 15 ocorreram os passos 1 a 3 da metodologia onde ainda não tinha sido efetuada nenhuma ação de melhoria.

Na semana 16 ocorreu uma grave avaria no despaletizador que afetou imenso a disponibilidade caindo para um valor de 51%. Na semana 24 a máquina de aplicação de verniz nº 5 necessitou de ser totalmente desmontada para limpar um veio de elevação e também baixou o valor da disponibilidade. A implementação do Plano de Manutenção Autónoma ainda se encontra numa fase inicial e o seu impacto ainda não é visível no índice de disponibilidade. Espera-se uma melhoria do índice a médio ou longo prazo, pela redução da ocorrência de avarias. Além disso é também esperada uma redução da ocorrência de micro paragens devidas à ausência de manutenção dos equipamentos que beneficiará o índice do rendimento.

Após a ação de melhoria do alinhamento das placas na entrada da linha ocorrida na semana 17 é notório um aumento do índice de rendimento atingindo um pico de 57% na semana 19. Tanto na semana 23 como na semana 24 o valor do rendimento foi muito baixo devido ao problema da máquina de aplicação de verniz que acabou por avariar. Na semana 20 o rendimento atingiu o valor mínimo de 29% devido à ordem de fabrico de *HPS* que requereu a substituição do tapete do túnel UV nº 6.

As máquinas de abastecimento *Hot Coating* não foram instaladas durante o projeto e portanto não afetaram o valor do *OEE*. Os ganhos obtidos com a metodologia 5S apenas serão visíveis a médio ou longo prazo.

Na semana 25 o *OEE* de 2015, acumulado até então, apresenta um valor de 45%.

5 Conclusão

A melhoria da eficiência operacional é acompanhada pela melhoria dos processos produtivos. A observação profunda do fluxo de material, dos mecanismos de processamento, das dificuldades dos operadores e das trocas de ideias com os vários intervenientes do projeto, motivaram a melhoria do ambiente de trabalho e, ao mesmo tempo, a redução de custos e o aumento da produtividade e da eficiência da linha de envernizamento 4.

A metodologia *SMED* foi seguida com sucesso e permitiu reduzir o tempo necessário para a mudança de ferramentas. Foi provado que é possível atingir resultados positivos a curto prazo com um baixo investimento e facilidade de execução.

Através da metodologia 5S foram alcançados vários benefícios a curto prazo, mas o poder integral desta metodologia ainda não é possível ser observado. A longo prazo é esperado que sejam colhidos benefícios decorrentes do que foi implementado. Enquanto base do *TPM*, a metodologia 5S potencia as restantes melhorias do processo.

Os benefícios da implementação de um plano de manutenção autónoma não são imediatos, mas não deixa de ser importante a sua concretização, numa filosofia de melhoria contínua em busca da perfeição. É esperado que a percentagem de avarias diminua e, conseqüentemente, aumente a disponibilidade da linha.

Através da implementação de metodologias *Lean* e com a melhoria da eficiência operacional foram obtidos benefícios que devem ser preservados. Se nada for feito em contrário, os benefícios alcançados ao longo do processo de melhoria da eficiência, acabam por fracassar. O nível de desordem das coisas permanece igual ou tende a aumentar.

A definição de metas e objetivos a serem alcançados, através da contínua monitorização do valor do *OEE*, mostrou-se ser eficaz na exposição de problemas e oportunidades de melhoria. Ao nível do rendimento foram descobertas várias perdas, pois o seu valor é baixo e as perdas são visíveis. Em linhas de produção com um índice de rendimento elevado será mais difícil encontrar oportunidades de melhoria. O tempo gasto em *Setup* foi diminuído em dois processos com impacto direto na disponibilidade e, em qualquer linha produtiva, pode ser melhorado através da metodologia *SMED*. Relativamente à qualidade, o seu valor continuou perto do valor máximo e não é lícito afirmar que é fácil de atingir apenas pela experiência neste projeto.

O processo de melhoria contínua deve ser adotado por toda a empresa. Não é esperado que o aumento do poder competitivo seja refletido apenas pela atenção dada a uma linha ou processo em particular. A importância da filosofia de melhoria, subjacente a todos os funcionários, faz toda a diferença. Ou ganham juntos, ou caem juntos.

5.1 Perspetivas de trabalhos futuros

A melhoria contínua não pode parar até ser atingida a perfeição. A perfeição é impossível de ser atingida mas só com essa meta em mente somos capazes de expor os problemas e ultrapassar cada um deles.

Fruto do trabalho realizado, anotações e reflexão sobre o processo, surgiram várias oportunidades de melhoria que devem ser abordadas em trabalhos futuros. Poderão ser implementadas as soluções encontradas e que ainda não foram implementadas, descritas ao longo do capítulo 4. O sistema de sinalização de avarias, o registo numa base de dados das micro paragens, a implementação de botões de *reset*, as restantes causas raiz identificadas na análise da paragem dos transferidores, o sistema de limpeza do rolo de relevo, a substituição de transportadores de tapete por transportadores com extremidade ajustável nos locais referidos, a instalação de um lavatório e a adaptação da linha ao tamanho das placas para o mesmo acabamento.

Ao nível da disponibilidade, as transições de produtos que ocupam mais tempo com *setup* e qual a sequência de produtos que minimiza tempos de *setup* (regras para o planeamento) deve ser definida de forma a minimizar este tempo. Inicialmente devem serem medidos os diferentes tipos de *setup* e mais tarde controlar.

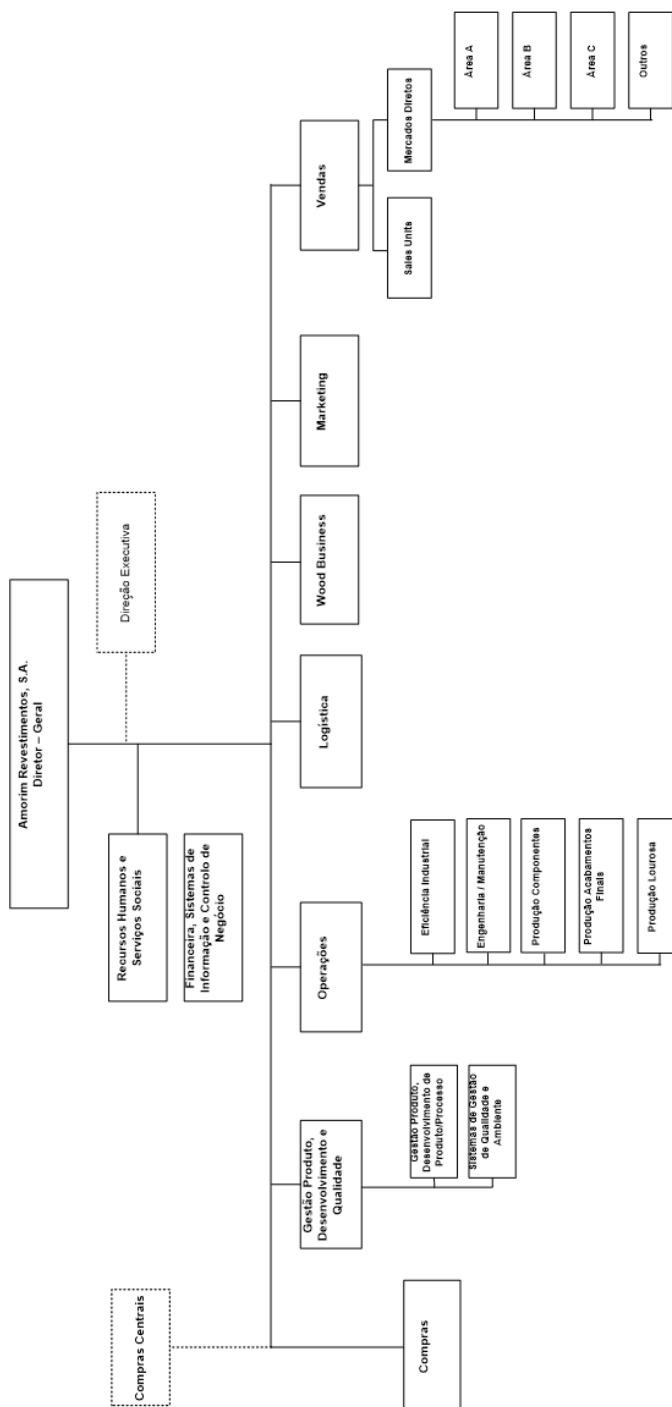
O reconhecimento da equipa, último passo da metodologia, ficou agendado para uma data após a finalização do projeto.

Referências

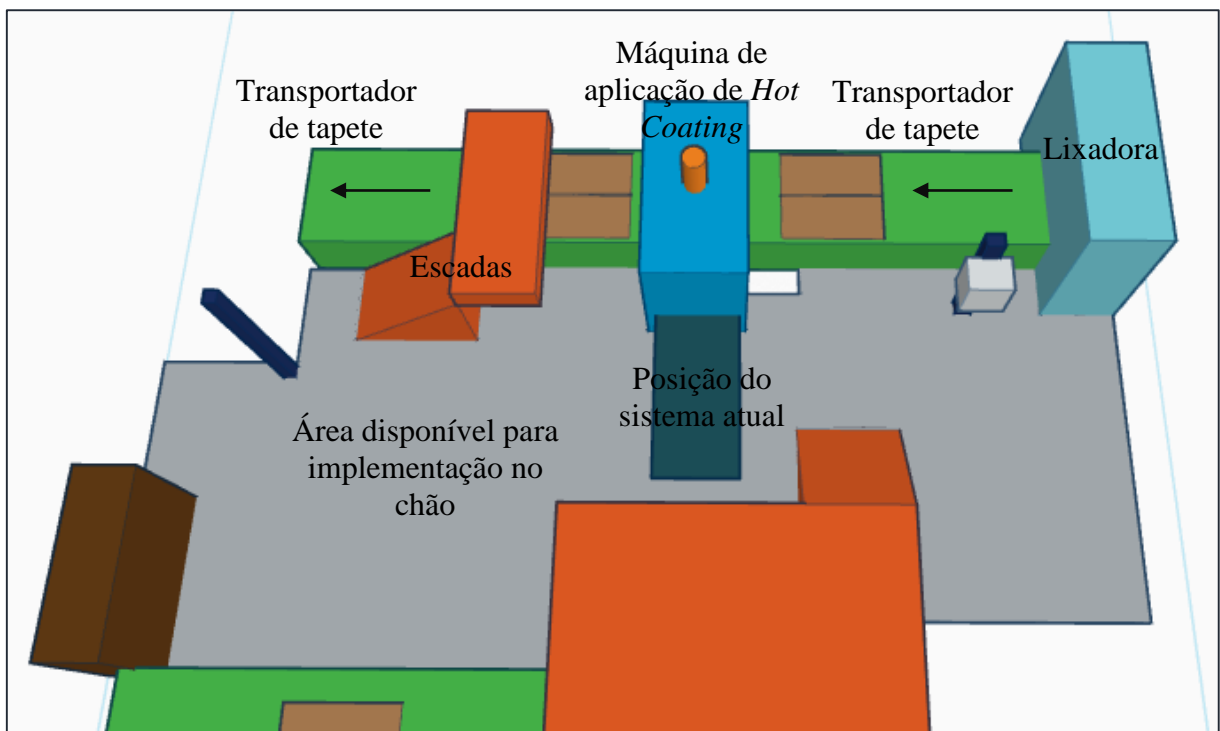
- Ahuja, I.P.S., and J.S. Khamba. 2008. "Total productive maintenance: literature review and directions." *International Journal of Quality & Reliability Management* no. 25 (7).
- Bhadury. 2000. "Management of productivity through TPM." *Productivity* no. 41.
- Blanchard, Benjamin S. 1997. "An enhanced approach for implementing total productive maintenance in the manufacturing environment." *Journal of Quality in Maintenance Engineering* no. 3 (2):69-80. <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/13552519710167692>.
- Chlpeková, Andrea, Pavel Večeřa, and Yulia Šurinová. 2014. "Enhancing the Effectiveness of Problem-Solving Processes through Employee Motivation and Involvement." *International Journal of Engineering Business Management*:1.
- Dossenbach. 2006. "Implementing total productive maintenance." *Wood and Wood Products* no. 111.
- Hirano, H. 1993. *Putting 5S to Work: A Practical Step-by-step Approach*: PHP Institute.
- J. Michalska, D. Szewieczek. 2007. "The 5S methodology as a tool for improving the organisation." *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* no. 24 (2).
- JIPM, Japan Institute of Plant Maintenance. Accessed 02/04/2015. <http://www.jipm.or.jp/en/>.
- Levitt, J. 2004. *Managing Factory Maintenance*: Industrial Press.
- McIntosh, R. I., S. J. Culley, A. R. Mileham, and G. W. Owen. 2000. "A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology." *International Journal of Production Research* no. 38 (11):2377-2395.
- Moore, Ron. 1997. "Combining TPM and reliability-focused maintenance." *Plant Engineering* no. 51.
- Muchiri, P., and L. Pintelon. 2008. "Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion." *International Journal of Production Research* no. 46 (13):3517-3535.
- Nakajima, Seiichi. 1989. "TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance." *Productivity Press*.
- Osada, T. 1991. *The 5S's: five keys to a total quality environment*: Asian Productivity Organization.
- Rambaud, L. 2011. *8D Structured Problem Solving: A Guide to Creating High Quality 8D Reports*: PHRED Solutions.

- Samuel Jebaraj Benjamin, Uthiyakumar Murugaiah, M. Srikamaladevi Marathamuthu. 2013. "The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm." *Journal of Manufacturing Technology Management* no. 24.
- Shingo, S. 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*: Taylor & Francis.
- Sousa, Carlos A. Riesenberger and Sérgio D. 2010. "The 8D Methodology: An Effective Way to Reduce Recurrence of Customer Complaints?" *Proceedings of the World Congress on Engineering* no. III.
- Vorne. "SMED – Single-Minute Exchange of Dies". Accessed 16/03/2015. <http://www.leanproduction.com/smed.html>.
- Wan Ahmad Najmuddin Wan Saidin, Azalan Mohamed Ibrahim, Mohd Zaidi Azir, Harlina Ngah, Noraishah Mohamad Noor and M.H Norhidayah. 2014. "8D Methodology: An Effective Approach for Problem Solving in Automotive Assembly Line." *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*.

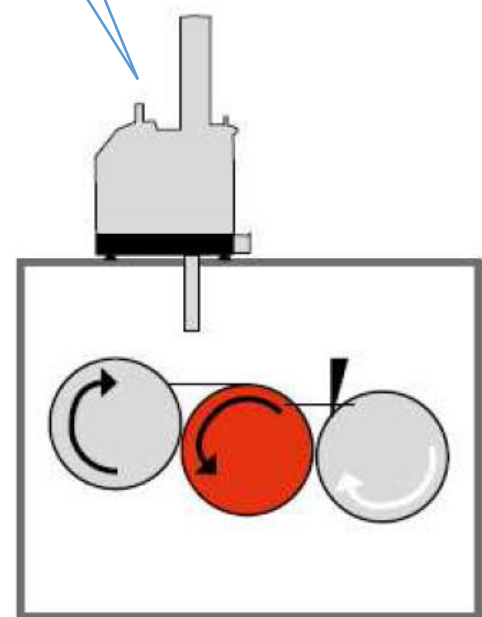
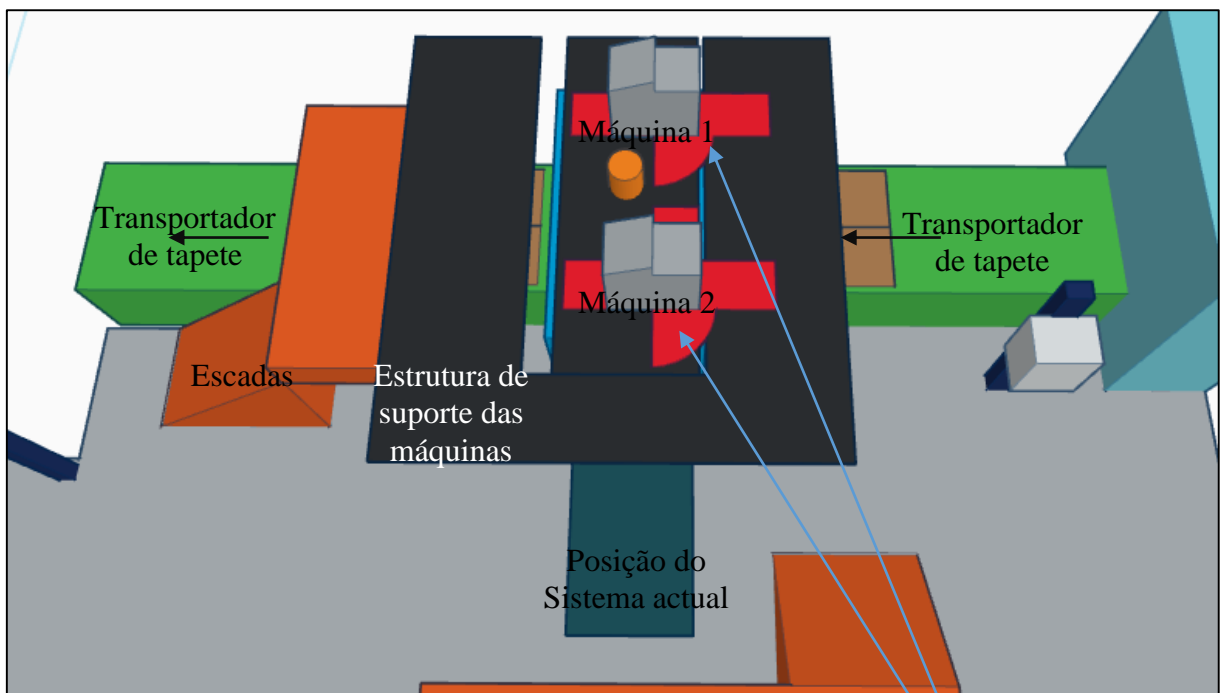
ANEXO A: Organograma Geral da Amorim Revestimentos, S.A.



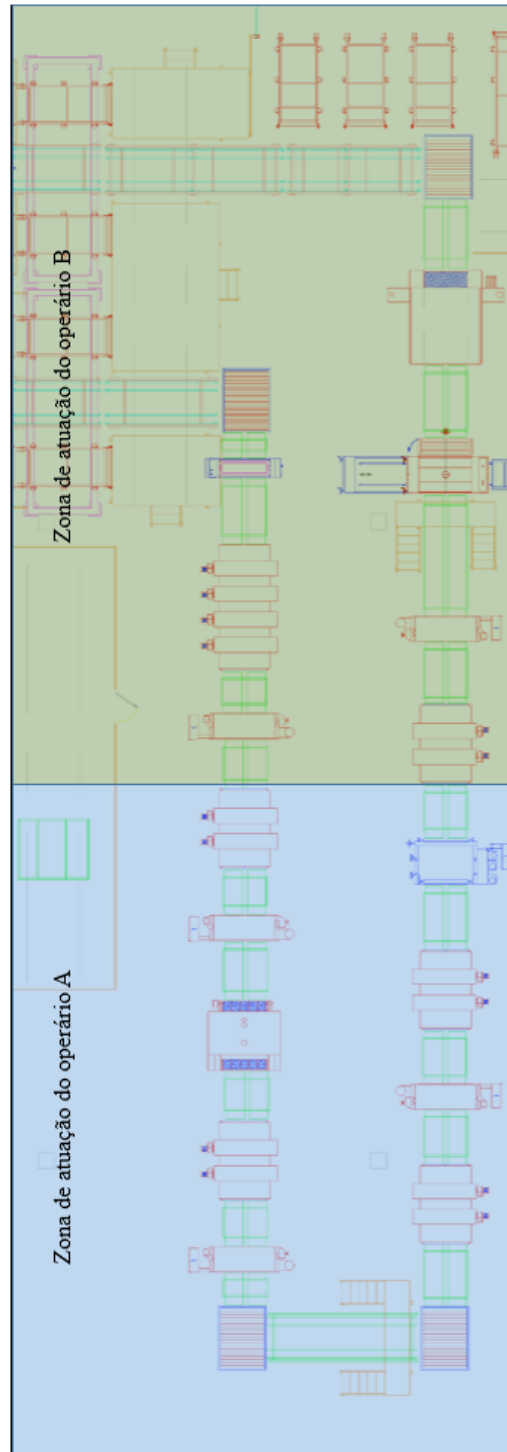
ANEXO B: Área disponível para implementação da máquina *Kleiberit TopMelter*



ANEXO C: Implementação de duas máquinas *Kleiberit TopMelter* sobre a máquina de aplicação de *Hot Coating*



ANEXO D: Definição de zonas de atuação



ANEXO E: Base de dados para codificação dos rolos

Utilização		Tipo		Material		Acabamento		Polia	Dureza		Máquina		Número	
Descrição	Código	Descrição	Código	Descrição	Código	Descrição	Código		Descrição	Código	Descrição	Código	Descrição	Código
Pintura	P	Aplicador	A	Aço	A	3D - Rustic	3R	C/ Polia	15	1415X240	1	Burkle SLC1300	A	1
Envernizamento	V	Reverse	R	Borracha	B	3D - Linear	3L			1515x240	2	Burkle SLC(R)1300	B	2
Colaagem	C	Doseador	D	Silicone	S	3D - Grão	3G		50	1415X240	3	Burkle SLCR 1300	C	3
Prensagem	E	Contrapressão	C	Ebonite	E	Tipo 1	T1		60	1415x185	4	Burkle DAKT	D	4
		Pressão	P			Tipo 2	T2			1415X240	5	Calandra GIK1400	E	5
						Pedras	PE		n.a.	1415x185	6	Burkle RCL-09M-700	F	6
						Cromado	CR			1515x185	7	Burkle	G	7
						Polido	PL	S/ polia		1515X240	8	Burkle alterada	H	8
						Borracha EasyPren	EA		20	1415X240	9	Burkle DAK 1400	I	9
						Borracha EPDM	EP		25	1415X240	10	Barberan MENH-1400	J	10
						Borracha Microporosa 1By1	MI		40	1330x230	11	Calandra CAL-6-2-1400	K	11
						Borracha Porosa 1By3	PO			1415X240	12	Burkle CASC 1300	L	12
						Borracha Sempiporosa 1By2	SE		50	1415X240	13	Barberan EN-PUR-2-800	M	13
									815x175	14		Calandra MVA	N	14
									815x240	15				15
									60	1300x185	16			16
										1415X175	17			17
										1415X240	18			18
									70	1400x248	19			19
										800x240	20			20
									n.a.	1400x248	21			21
										1400x300	22			22
										1410x240	23			23

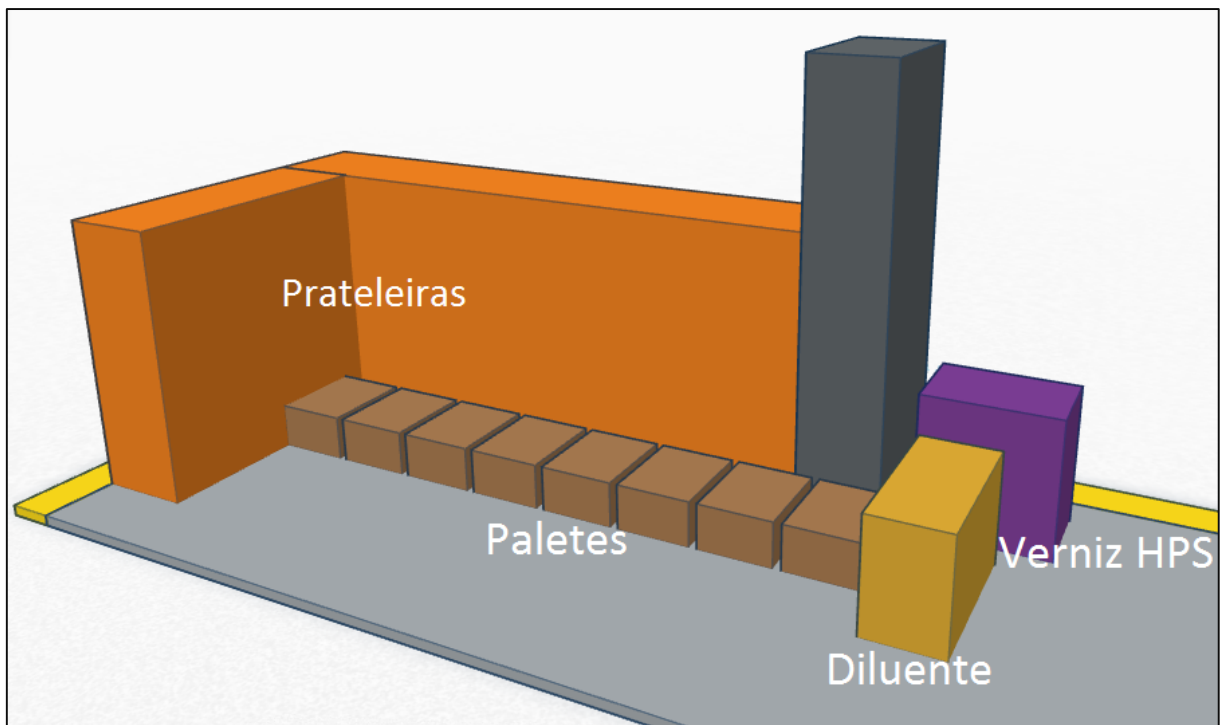
ANEXO F: Troca de rolo Burkle com dois operadores

Modo Operatório da troca de rolo da máquina Burkle			
Operador: A		Operador: B	
Nº	Tarefa	Nº	Tarefa
Tarefas Externas			
1	Preparar as ferramentas	1	Preparar a grua para pegar no rolo a sair da máquina
2	Colocar as ferramentas no local definido	2	Preparar os patins para receberem a caixa com o rolo
3	Com o empilhador colocar caixa do rolo a entrar nos patins	3	
4	Estacionar o empilhador	4	
5	Levar a caixa com o rolo para o local definido	5	Levar a caixa com o rolo até ao local definido
6		6	Verificar que a caixa vazia está nos patins e em local definido
Tarefas Internas			
Limpeza			
7	Auxiliar a movimentação e abrir o capô	7	Apontar a grua à máquina
8	Colocar a cinta do lado esquerdo	8	Colocar a cinta do lado direito
9	Desapertar a blindagem e retirar	9	Desapertar o rolo do lado direito
10	Desapertar o rolo do lado esquerdo	10	
11	Puxar o rolo para fora	11	Puxar o rolo para fora
12	Auxiliar o levantamento do rolo	12	Subir a grua q.b.
13	Auxiliar a movimentação	13	Levar o rolo até à caixa vazia
14	Auxiliar a movimentação	14	Descer a grua para colocar o rolo na caixa
15	Retirar as cintas	15	
16	Colocar as cintas no rolo a entrar na máquina	16	
17	Auxiliar o levantamento do rolo	17	Subir a grua q.b.
18	Auxiliar a movimentação	18	Levar o rolo até à máquina
19	Colocação do rolo na máquina	19	Colocação do rolo na máquina
20	Apertar o rolo do lado esquerdo	20	Apertar o rolo do lado direito
21	Colocar a blindagem e apertar	21	
22	Fechar o capô	22	Estacionar a grua no local definido
23	Pegar em papeis	23	Descer a máquina
24	Colocar papeis para ver a altura	24	Auxiliar A a regular a altura
25	Abrir capô	25	
26	Verificar a abertura dos rolos com os papeis	26	Auxiliar A a regular a abertura dos rolos
27	Fechar o capô	27	
Tarefas Externas			
28	Arrumar ferramentas no local definido	28	Levar a caixa vazia para o local definido
29	Arrumar a grua no local definido	29	Levar a caixa com o rolo para o local definido

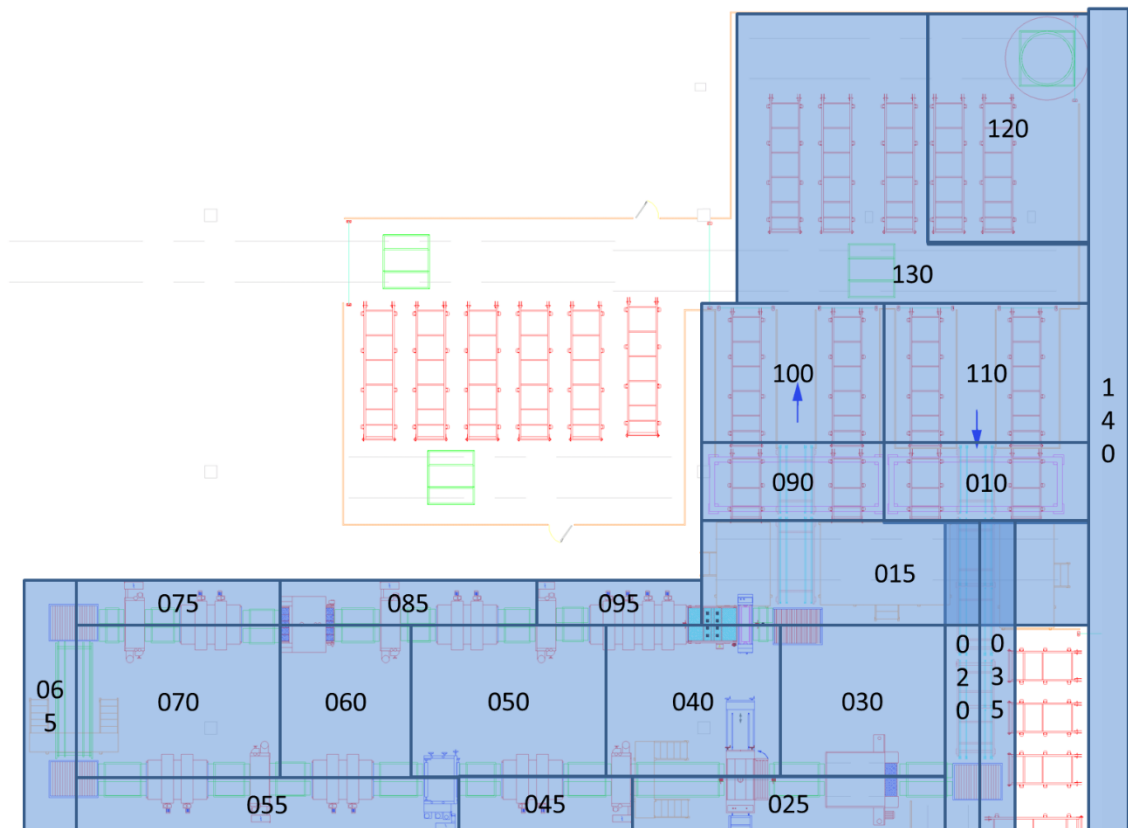
ANEXO G: Troca de rolo com relevo Barberán com dois operadores

Modo Operatório da troca de rolo da máquina Barberán			
Operador: A		Operador: B	
Nº	Tarefa	Nº	Tarefa
Tarefas Externas			
1		1	Levar a caixa vazia para a zona definida
2		2	Levar a caixa cheia para a zona definida
3		3	Colocar grua no local definido
4		4	Verificar que as cintas e as argolas estão colocadas no rolo que vai entrar na máquina
5		5	Preparar as ferramentas
Tarefas Internas			
6	Puxar a máquina	6	Puxar a máquina
7	Ligar Geral e subir a máquina para 35	7	
8		8	Retirar o fio de emergência
9	Colocar o suporte do rolo do lado direito	9	Colocar o suporte do rolo do lado esquerdo
10	Desapertar os 8 parafusos do rolo, rodando quando necessário e retirar as chapas se possível	10	Desapertar os 8 parafusos do rolo, rodando quando necessário
11	Colocar o fio de emergência	11	Colocar a grua na zona de entrada
12	Baixar o rolo	12	
13		13	Retirar o fio de emergência
14	Dar duas voltas para a esquerda no parafuso do veio do lado direito	14	
15	Retirar as chapas	15	
16	Dar 18 voltas para a direita no parafuso do veio do lado direito	16	Dar 14 voltas para a direita no parafuso do veio do lado esquerdo
17	Puxar o rolo	17	Puxar o rolo
18	Pôr a argola com a cinta do lado direito	18	Pôr a argola com a cinta do lado esquerdo
19	Auxiliar a movimentação	19	Ajustar a grua à máquina
20	Auxiliar a movimentação	20	Subir grua q.b.
21	Auxiliar a movimentação	21	Levar a grua com o rolo até à caixa vazia
22	Auxiliar a movimentação	22	Descer a grua para colocar o rolo na caixa vazia
23	Retirar as cintas da barra e deixá-las nas argolas com o rolo na caixa	23	Colocar a grua sobre a caixa do rolo a entrar na máquina
24	Colocar as cintas previamente inseridas nas argolas na barra	24	
25	Auxiliar a movimentação	25	Subir a grua q.b.
26	Auxiliar a movimentação	26	Levar a grua com o rolo até à máquina
27	Auxiliar a movimentação	27	Descer o rolo para pousar no suporte
28	Retirar as cintas da barra	28	
29		29	Puxar a grua para trás
30	Retirar a argola com a cinta do lado direito	30	Retirar a argola com a cinta do lado esquerdo
31	Empurrar o rolo do lado direito	31	Empurrar o rolo do lado esquerdo
32	Ajustar os furos do rolo aos furos da peça do lado direito e apontar 5 parafusos q.b.	32	Ajustar os furos do rolo aos furos da peça do lado esquerdo e efectuar 1º aperto a 5 parafusos
33	Dar 18 voltas para a esquerda no parafuso do veio do lado direito	33	Dar 14 voltas para a esquerda no parafuso do veio do lado esquerdo
34	Colocar o fio de emergência e subir a máquina para 35	34	
35		35	Retirar o fio de emergência
36	Rodar o rolo para os restantes parafusos	36	Rodar o rolo para os restantes parafusos
37	Apontar 3 parafusos q.b.	37	Efectuar o primeiro aperto a 3 parafusos
38	Meter chapas e ajustar parafusos para as chapas não caírem	38	Dar duas voltas para a direita no parafuso do veio do lado direito
39	Efectuar o aperto final aos parafusos	39	Efectuar o aperto final aos parafusos
40	Retirar o suporte do rolo	40	Retirar o suporte do rolo
41		41	Colocar o fio de emergência
42	Descer a máquina para a posição de trabalho	42	
43	Empurrar a máquina	43	Empurrar a máquina
Tarefas Externas			
44		44	Estacionar a grua no local definido
45		45	Estacionar as caixas no local definido
46		46	Guardar as ferramentas no local definido

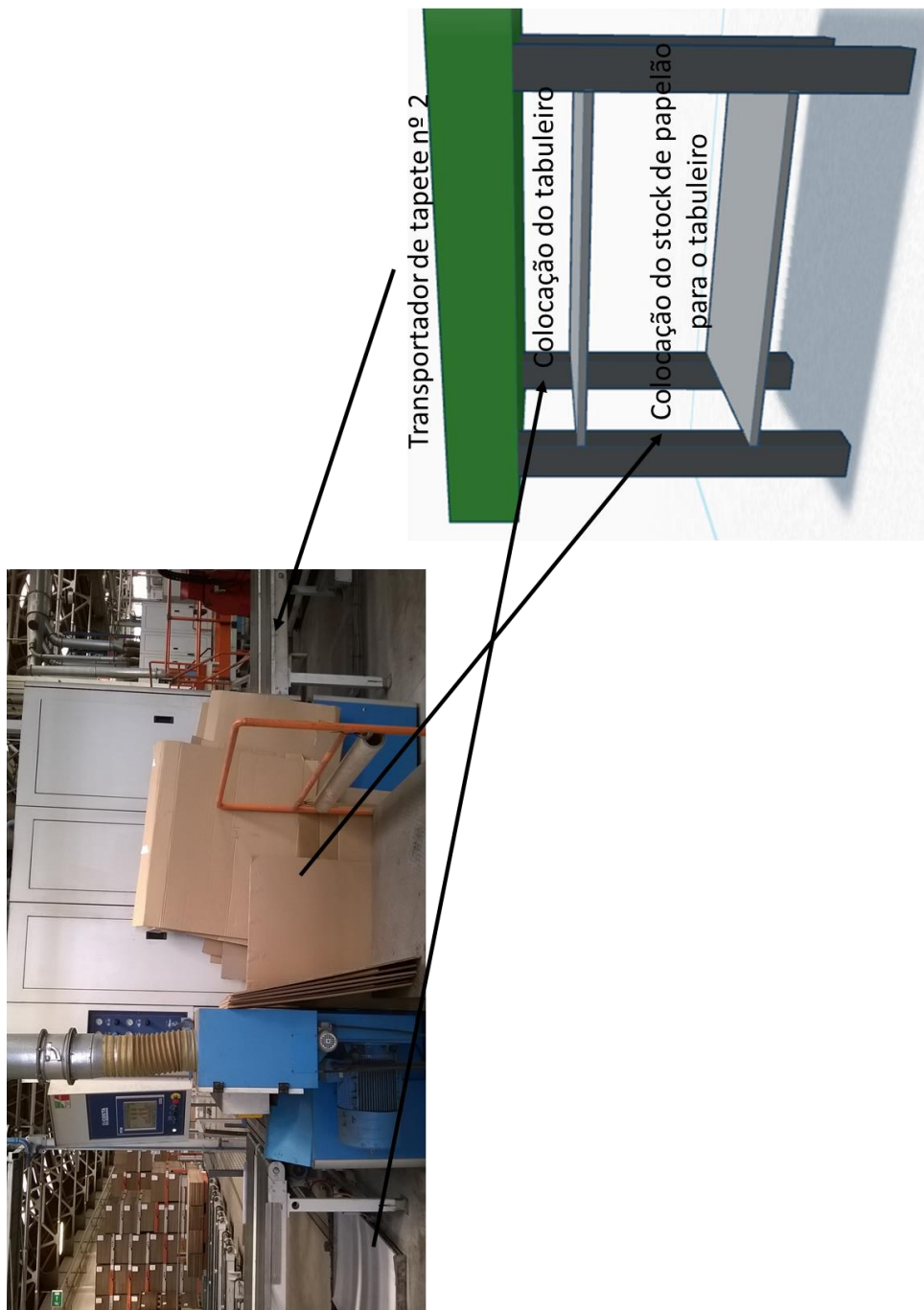
ANEXO H: Simulação no *Tinkercad* da nova localização dos vernizes em função do espaço disponível



ANEXO I: Divisão da linha por zonas



ANEXO J: Organização do tabuleiro de resíduos da máquina de aplicação de *Hot Coating*



ANEXO L: Organização do *stock* de verniz do interior da linha



ANEXO M: Exemplos de limpeza do ambiente de trabalho



ANEXO N: Quadro 5S

5Ss

1



SERU
SELECCIONAR

2



SEITON
ORGANIZAR

3



SEISOU
LIMPAR

4



SHITSUKE
NORMALIZAR

5



SEIKETSU
AUTODISCIPLINA

Mapa de Auditoria

⊗

Classificação

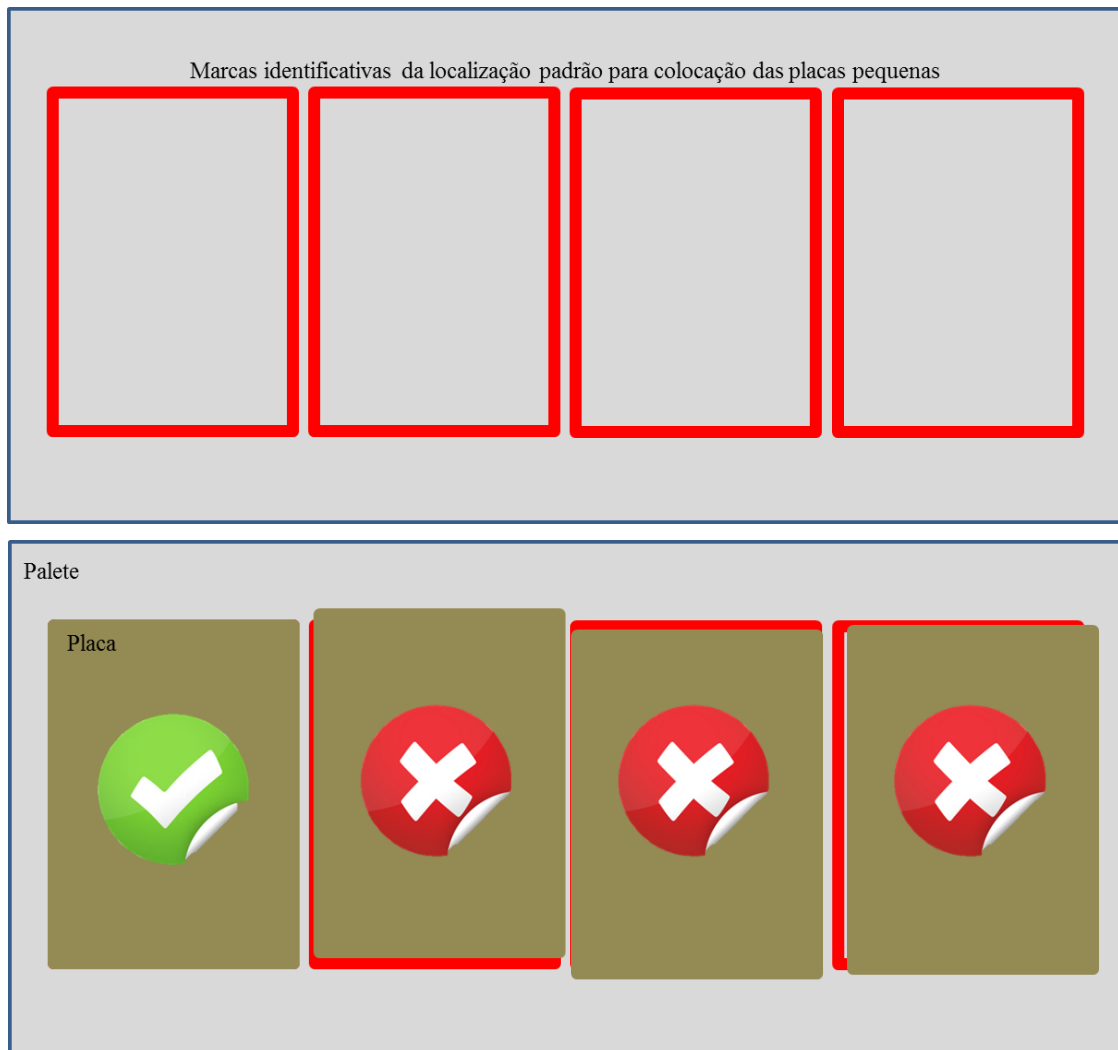
ÚLTIMAS AUDITORIAS

Data									
Assinatura									

ANEXO O: Exemplo de ponto de verificação da organização

 AMORIM Amorim Revestimentos, S.A.	5 S Exemplo de organização Nº 5 Linha de produção: Envernizamento 4
<div data-bbox="245 745 293 790">①</div> 	<div data-bbox="818 745 866 790">②</div> 

ANEXO P: Posição das placas nas paletes



ANEXO Q: Resultado da auditoria 5S

Ponto de avaliação	Peso de 0 a 10	Peso de 0 a 100%	Pontos com avaliação positiva
1	8	12%	x
2	3	4%	x
3	5	7%	x
4	6	9%	x
5	2	3%	x
6	2	3%	x
7	2	3%	x
8	7	10%	x
9	5	7%	x
10	3	4%	x
11	4	6%	
12	7	10%	x
13	5	7%	x
14	4	6%	x
15	5	7%	
		Classificação	87%